
**EVALUATION DE LA RELATION ENTRE
PROCESSUS BIOLOGIQUES ET FERTILITE
DANS LES PLANTATIONS D'HEVEAS**

Rapport présenté par : IRCA-CIRAD
42 rue Scheffer, 75116 PARIS
(CIRAD-CP, Programme Hévée
12 square Pétrarque, 75116 PARIS)

ENS, Laboratoire d'Ecologie
46 rue d'Ulm, 75230 PARIS Cedex 05

IRCA, Centre de Bimbresso
01 BP 1536 ABIDJAN 01 (COTE D'IVOIRE)

Université d'Abidjan, Laboratoire de Zoologie
BP 10, ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)

Novembre 1992

EVALUATION DE LA RELATION ENTRE PROCESSUS BIOLOGIQUES ET FERTILITE DANS LES PLANTATIONS D'HEVEAS

Résumé

Ce projet a pour but d'étudier la façon dont les processus biologiques participent au maintien de la fertilité des sols sous hévéas et d'identifier les conditions optimales de leurs activités. Les études ont porté sur deux sites en Côte d'Ivoire, Anguédédou et Tombokro, respectivement en zone de forêt et en zone de savane. Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols ont été appréciées en fonction de l'âge du couvert végétal et des conditions écoclimatiques. Les seules différences marquantes de caractéristiques physiques concernent la densité apparente, plus forte dans l'horizon superficiel (0-10) des jeunes plantations, probablement à cause de la préparation du terrain; les caractéristiques des parcelles d'hévéas de 30 ans sont proches de celles de la forêt. Les propriétés chimiques des sols de forêt sont presque toujours supérieures à celles des sols sous hévéas, à l'exception du phosphore. Les différences sont plus marquées en zone de savane. C'est surtout l'horizon de surface qui est affecté par la disparition de la forêt. La faune observée présente une forte diversité biologique, est concentrée surtout dans les horizons de surface et varie en nombre et en biomasse selon la zone. La mise en culture provoque une modification des espèces, une augmentation du nombre mais pas de la biomasse par unité de surface et une diminution de la diversité biologique. On observe ensuite un retour progressif vers l'état initial. La production des hévéas, phénomène physiologique complexe, n'est pas un bon indicateur de fertilité.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	1
1. CHOIX ET DESCRIPTIF DES ZONES ETUDIEES	1
1.1. Choix des situations	1
1.2. Délimitation des zones homogènes	3
1.3. Aspects descriptifs des états de surface	3
2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SOL	5
2.1. Etude des profils culturaux	5
2.2. Granulométrie	6
2.3. Mesure des densités apparentes	10
2.4. Mesures pénétrométriques	12
2.5. Humidité du sol	12
3. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL	12
3.1. Matière organique - azote	16
3.2. Phosphore	21
3.3. Complexe adsorbant	21
3.4. Oligo-éléments	29
4. CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES DES SOLS	29
4.1. Composition de la faune du sol	29
4.2. Impact de l'activité de la faune sur la structure du sol	40
4.3. Activité biologique des sols	42
4.4. Evolution au cours du temps de la litière de feuilles d'hévéas	50
5. CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES	52
5.1. Profil racinaire	52
5.2. Production	53
BIBLIOGRAPHIE	56
ANNEXE	57

EVALUATION DE LA RELATION ENTRE PROCESSUS BIOLOGIQUES ET FERTILITE DANS LES PLANTATIONS D'HEVEAS

J.Z. KELI¹, G. YORO², P. KOUASSI³, A. MARTIN⁴, C. GILOT⁴,
E. BLANCHART⁴, R. OLIVER⁵, J.M. ESCHBACH⁶

INTRODUCTION

"L'évaluation de la relation entre processus biologiques et fertilité dans les plantations d'hévéa" est un projet de recherche initié par l'IRCA-CIRAD afin d'analyser la façon dont les processus biologiques participent au maintien de la fertilité des sols sous couvert d'hévéas et d'identifier les conditions optimales de leurs activités.

Les caractères physiques, chimiques et biologiques des sols sont appréciés en fonction de l'âge du couvert et des conditions écoclimatiques. Deux zones ont donc été retenues : Anguédédou et Tombokro, respectivement dans le sud-est et dans le centre de la Côte d'Ivoire.

Ce projet, financé par le Ministère de l'Environnement, s'est étendu sur une période de 18 mois, de mai 1990 à novembre 1991 et a porté sur 2 sites, Anguédédou et Tombokro, en Côte d'Ivoire.

1. CHOIX ET DESCRIPTIF DES ZONES ETUDIEES

1.1. Choix des situations

A Anguédédou, est étudiée l'influence de l'âge du couvert sur la fertilité du sol. Quatre parcelles d'hévéas établies derrière forêt et de différents âges ont été sélectionnées pour comparaison entre elles et à une référence forêt naturelle située à quelques kilomètres de ces parcelles (Figure 1). Du fait de la sélection de situations ayant le même précédent cultural, les parcelles choisies ne sont pas forcément plantées avec le même clone et n'ont pas été défrichées de la même façon.

A Tombokro, est comparée la fertilité du sol sous un couvert d'hévéas de 18 ans d'âge à celle d'une référence forêt très pénétrée et très dégradée en zone de savane forestière.

Au total 7 situations agricoles sont étudiées (Tableau 1).

¹ IDEFOR-DPL Bimbresso - Côte d'Ivoire

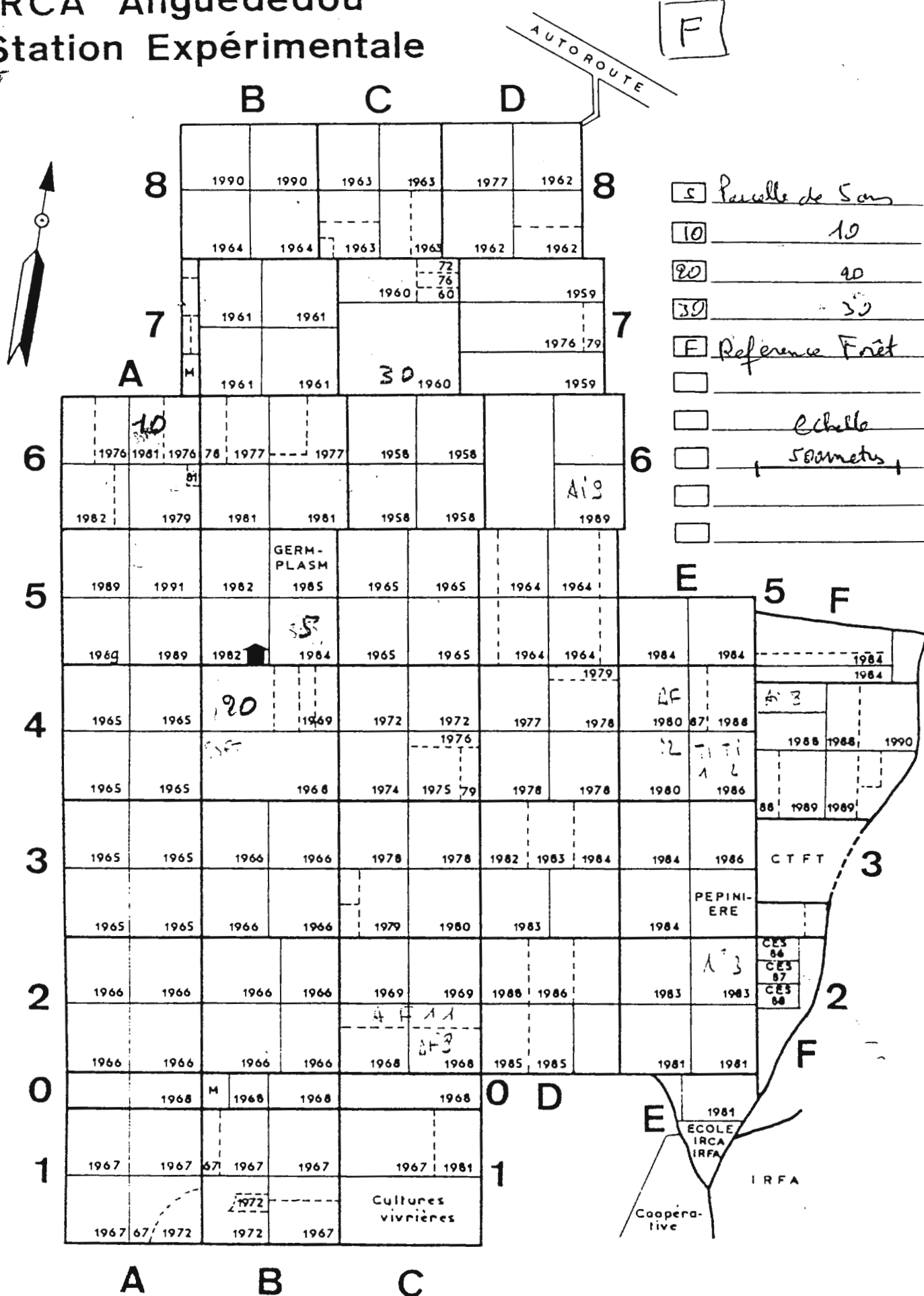
² IRRSDA Adiopodoumé - Côte d'Ivoire

³ Université d'Abidjan - Côte d'Ivoire

⁴ ENS, Laboratoire d'Ecologie, Paris - France

⁵ IRAT-CIRAD, Montpellier - France

⁶ IRCA-CIRAD, Paris - France



ZONES	ZONES MARGINALES (TOMBOKRO)	SUD-EST (ANGUEDÉDOU)
Pluviométrie annuelle	1 300 mm	1 700 mm
Sol	Ferrallitique + ou - induré	Ferrallitique très désaturé (sables tertiaires)
Précédent	Forêt dégradée	Forêt secondaire
Age (ans)	18 (hévéa) 0 (forêt dégradée)	5 (B5 SE) 10 (A6 NEO) 20 (B4 NO) 30 (C7 S) 0 (forêt secondaire)

Tableau 1 Situations agricoles étudiées

1.2. Délimitation des zones homogènes

Il a été retenu d'étudier 4 répétitions (A,B,C et D) par parcelle pour prendre en compte la variabilité spatiale.

A Anguédédou, pour la parcelle de 5 ans, les 4 placettes résultent de la randomisation qui avait été faite lors de l'installation d'un champ comparatif de clones à grande échelle. Pour la parcelle de 10 ans légèrement en pente, les répétitions ont été localisées sur un même niveau topographique. Pour les parcelles de 20 ans et 30 ans, les 4 zones homogènes ont été retenues par tirage au sort parmi des situations possibles identifiées sur la base des trois critères suivants :

- densité du couvert hévéicole (exclusion des clairières),
- homogénéité de la topographie générale,
- homogénéité texturale des 30 premiers cm du sol (la texture a été appréciée de façon tactile).

A Tombokro, la parcelle d'hévéa étant en légère pente, les zones homogènes sont situées en haut de versant. Les placettes définies au sein de la parcelle de forêt sont localisées sur plateau.

La taille des placettes se situe entre 500 et 550 m².

1.3. Aspects descriptifs des états de surface

1.3.1. Site Anguédédou, en zone de forêt

- B5 SE (5 ans)

- ▲ texture sableuse à sablo-argileuse,
- ▲ couvert d'hévéa homogène,
- ▲ nombreux microreliefs (héritage de la préparation mécanique du terrain en 1984),
- ▲ andains en décomposition très avancée,

- ▲ plateau faiblement incliné (1 à 2 % pente),
- ▲ sous-bois herbacé peu dense par endroits.

- A6 NE 0 (9 ans)

- ▲ texture sablo-argileuse à argilo-sableuse,
- ▲ couvert d'hévéa homogène,
- ▲ microrelief sous forme de billons perpendiculaires aux courbes de niveau (résultat de sarclages successifs entraînant le décapage de la ligne et l'accumulation du sol humifère dans l'interligne),
- ▲ préparation mécanique du terrain en 1980,
- ▲ placettes situées en haut de versant (4 % de pente),
- ▲ sous-bois herbacé peu dense par endroits.

- B4 N0 (20 ans)

- ▲ texture sableuse à sablo-argileuse,
- ▲ plateau disséqué avec dépression vers le milieu,
- ▲ microrelief très atténué,
- ▲ préparation manuelle du terrain en 1968,
- ▲ sous-bois assez dense,
- ▲ couvert d'hévéa hétérogène : casses et chutes des arbres par endroits (clairières).

- C7 S (30 ans)

- ▲ texture sableuse à sablo-argileuse,
- ▲ plateau,
- ▲ mat racinaire affleurant le sol et colonisant les résidus organiques,
- ▲ préparation manuelle du terrain en 1959,
- ▲ sous-bois herbacé assez dense,
- ▲ couvert d'hévéa hétérogène : casses et chutes des arbres par endroits (clairières).

- Forêt (témoin)

- ▲ colline convexe,
- ▲ forêt secondaire, suffisamment pénétrée mais n'ayant jamais été défrichée,
- ▲ nombreux résidus végétaux couvrant le sol.

1.3.2. Site Tombokro, en zone de savane forestière

- Parcelle d'hévéa (18 ans)

- ▲ texture : sablo-argileuse à argilo-sableuse,
- ▲ haut de versant (3 % de pente),
- ▲ sous-bois herbacé clairsemé (sémenceaux d'hévéa),
- ▲ densité très élevée de turricules
- ▲ densité de peuplement d'hévéa homogène,
- ▲ préparation mécanique du terrain en 1970.

- Parcelle de forêt (témoin)

- ▲ texture sablo-argileuse à argilo-sableuse,
- ▲ forêt secondaire très pénétrée et très dégradée,
- ▲ plateau,
- ▲ densité de turricules faible,

- ▲ apparition de concrétions latéritiques par endroits.

Une appréciation des états de surface et de la texture dans les 30 cm supérieurs montre la représentativité des placettes au sein d'une parcelle donnée dans chacune des deux zones écologiques. Ainsi les caractères analytiques des placettes peuvent être essentiellement rattachés à l'âge du couvert de l'hévéa et au microclimat.

Le type de prélèvement qui a été effectué n'autorise pas d'interprétation statistique classique des résultats. N'ayant aucun élément de caractérisation de la situation de départ pour chacune des parcelles on ne peut pas réellement répondre à la question : "l'hévéaculture induit-elle une modification des caractéristiques physico-chimiques du sol ?" car on ne pourra jamais affirmer que les différences constatées sont le fait de situations préexistantes sur les diverses parcelles testées ou celui de l'évolution du sol sous l'influence de l'hévéaculture. Par contre, on pourra répondre à la question : "l'état des caractéristiques des diverses tranches prélevées (0/10 ; 10/20 ; 20/30 cm) présente-t-elle les mêmes différences ?". On pourra aussi répondre à la question : "les caractéristiques de chaque parcelle prélevée sont-elles identiques ?" mais il faudra bien se garder d'attribuer de façon formelle les différences constatées à l'hévéaculture. On pourra statistiquement :

- soit considérer l'essai comme étant de type "split-plot" les blocs étant les divers sites de prélèvement et les "sous-blocs" la profondeur de prélèvement. Dans ce cas, on considérera prioritairement l'interaction "site-profondeur" et la variance résiduelle 1 vraie sera celle calculée à partir de la somme des carrés "variance bloc et variance résiduelle 1", tous les calculs en découlant étant à corriger en conséquence. Il faudra rester prudent sur les conclusions tirées de ce type d'analyse,
- soit appliquer la "méthode d'analyse multidimensionnelle" aux données de chacune des tranches prélevées pour un même paramètre (séries d'analyses des trois tranches 0/10 ; 10/20 ; 20/30 cm) en considérant le dispositif comme un dispositif à un facteur étudié (le site de prélèvement) en randomisation totale et en choisissant l'option "prélèvements successifs" pour l'analyse multidimensionnelle.

2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SOL

2.1. Etude des profils culturaux

Le profil cultural est l'ensemble constitué par la succession des couches de terre individualisées par l'intervention des instruments de culture, des racines de végétaux et des facteurs naturels réagissant à ces actions (HENIN, GRAS et MONNIER, 1969). Le but de cette description du profil cultural est de mettre en évidence les caractéristiques des diverses couches constituant le terrain en fonction de l'âge du couvert et du type de végétation, d'examiner la façon dont ces couches sont exploitées par les racines. Cette appréciation purement qualitative se fait avec l'aide de la pointe d'un couteau.

Sept profils culturaux (1 profil par parcelle) de 150 cm de profondeur, ont été ainsi réalisés en janvier 1991 sur des zones représentatives des parcelles. Dans le cas des parcelles d'hévéas, le profil est localisé sur la ligne de plantation à 1 m de l'hévéa.

Diverses caractéristiques ont été observées : identification des horizons, couleur, texture, structure, porosité, enracinement. Les résultats de ces différentes observations sont consignés dans les tableaux 1 à 7 de l'Annexe.

Ces observations confirment les bonnes qualités physiques (porosité, cohésion, structure, profondeur) sur l'ensemble du profil des sols dérivés de sables tertiaires du Sud-Est. Par contre, pour les sols d'origine granitique de Tombokro, les phénomènes de concrétionnement leur confèrent des caractéristiques physiques défavorables : présence fréquente d'un horizon induré se traduisant par une faible profondeur d'enracinement (parcelle témoin située sur plateau).

Dans chaque site, on note une homogénéité de texture, de structure et de porosité entre parcelles avec un accroissement du taux d'argile avec la profondeur.

Le colonisation racinaire appréciée visuellement est différente selon les parcelles ; elle est profonde sur les parcelles de 20 et 30 ans d'hévéa ainsi que sous forêt. Elle est relativement superficielle sur la parcelle de 5 ans et intermédiaire dans les autres cas. Quant au front de matières organiques, il descend profondément sur les parcelles de 18 à 30 ans et reste relativement superficiel dans les autres cas.

Enfin on note une litière abondante sur les parcelles témoin sous forêt, comparativement aux parcelles d'hévéas.

2.2. Granulométrie

Les prélèvements ont été effectués en février 1991 selon trois profondeurs (0-10, 10-20 et 20-30) sur chacune des 4 répétitions des 7 parcelles étudiées. Des prélèvements supplémentaires ont été effectués sur le site d'Anguédédou en octobre 91 ; les échantillons correspondant aux côtes 30-50 et 50-70 cm qui ont alors été prélevés ont été regroupés pour ne former qu'un échantillon moyen qui a été analysé. On ne dispose donc pas d'une appréciation de la variabilité du site pour ces profondeurs et il n'est aussi pas sûr que l'on puisse affirmer qu'il existe une continuité entre les horizons de surface prélevés en février et ceux de profondeur prélevés en octobre. Ces prélèvements en profondeur ont été effectués car ils sont utiles pour l'interprétation des profils des différentes formes d'azote et aussi pour tenter de s'assurer que le matériau de base des parcelles était le même dans toutes les situations d'un même site.

L'ensemble des résultats des analyses effectuées figure en Annexe, tableau 8. Les résultats moyens par site et par profondeur font l'objet des tableaux 2 et 3.

A Anguédédou, en zone de forêt, si l'on construit sur un triangle des textures les diagrammes correspondants aux moyennes des divers sites, on constate figure 2 que les classes des divers sites sont relativement proches (texture sablo-argileuse) au moins pour les trois premières tranches de terre. Les prélèvements supplémentaires sont eux beaucoup plus difficiles à situer. L'analyse statistique des teneurs en éléments fins et en sables dans les trois couches où elle est possible figure dans le tableau 4. Cette analyse confirme que les sites choisis sont comparables du point de vue de la texture des tranches de terre qui ne sont pas en contact direct avec la litière. Il n'apparaît pas vraiment d'effet de "sites" sauf pour les teneurs en argile de la tranche de surface sans

Age	Profondeur cm	Argile %	Limon fin %	Limon grossier %	Sable fin %	Sable grossier %
30 ans	0-10	12.7 ^c	2.4	0.9	16.4	67.7
	10-20	18.6 ^{a b}	2.1	1.3	17.9	60.1
	20-30	18.9 ^{a b}	2.8	1.1	18.3	58.9
	30-50	25.3	1.5	2.1	14.0	57.1
	50-70	22.8	1.2	2.4	13.8	59.7
20 ans	0-10	14.7 ^{b c}	2.0	1.8	15.7	65.8
	10-20	16.1 ^{a b c}	1.9	1.2	18.8	62.1
	20-30	18.2 ^{a b}	2.7	1.2	17.3	60.7
	30-50	11.3	4.2	4.6	22.4	57.4
	50-70	22.6	1.5	2.5	16.3	57.1
10 ans	0-10	15.8 ^{a b c}	2.5	1.5	13.9	66.4
	10-20	18.1 ^{a b}	2.4	1.5	18.5	60.5
	20-30	18.5 ^{a b}	2.5	1.2	18.5	59.2
	30-50	13.0	2.5	4.0	19.0	61.5
	50-70	7.7	3.3	4.8	21.8	62.4
5 ans	0-10	16.6 ^{a b c}	2.1	1.5	20.4	59.5
	10-20	19.7 ^{a b}	2.1	2.7	17.3	58.3
	20-30	20.7 ^a	1.9	1.9	21.9	53.8
	30-50	4.2	3.7	4.5	20.6	67.0
	50-70	9.9	3.0	3.7	21.0	62.4
Forêt	0-10	13.2 ^c	2.4	1.3	15.6	67.5
	10-20	18.0 ^{a b}	2.6	1.6	18.9	59.0
	20-30	20.9 ^a	2.7	1.4	18.4	56.6
	30-50	15.6	3.0	4.2	17.8	59.4
	50-70	5.3	3.0	3.8	23.2	64.7
Moyenne	30 ans	16.7	2.4	1.1	17.5	62.2 ^a
	20 ans	16.3	2.2	1.4	17.2	62.9 ^a
	10 ans	17.5	2.4	1.4	17.0	62.0 ^a
	5 ans	19.0	2.0	2.0	19.9	57.2 ^b
	Forêt	17.3	2.6	1.4	17.7	61.0 ^a
Moyenne	0-10 cm	14.6 ^a	2.3	1.4	16.4 ^b	65.4 ^a
	10-20 cm	18.1 ^b	2.2	1.6	18.3 ^{a b}	60.0 ^b
	20-30 cm	19.4 ^c	2.5	1.4	18.9 ^a	57.8 ^c

Tableau 2 Granulométrie en zone de Forêt

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas (vu le test de Newmanns-Keuls à $p=0,05$).

Age	Profondeur cm	Argile %	Limon fin %	Limon grossier %	Sable fin %	Sable grossier %
18 ans	0-10	11.8	7.4	6.9	31.7	42.2 <i>a</i>
	10-20	14.6	7.6	7.0	27.2	43.6 <i>a</i>
	20-30	17.9	6.5	7.7	28.6	39.4 <i>ab</i>
Forêt	0-10	10.2	10.4	11.1	33.2	35.2 <i>b</i>
	10-20	10.5	8.5	8.2	26.7	46.1 <i>a</i>
	20-30	13.5	8.3	9.5	24.0	44.8 <i>a</i>
Moyenne	18 ans	14.8_a	7.2_b	7.2	29.1	41.7
	Forêt	11.4_b	9.1_a	9.6	27.9	42.0
Moyenne	0-10 cm	11.0_c	8.9	9.0	32.4_a	38.7_c
	10-20 cm	12.6_b	8.0	7.6	27.0_b	44.9_a
	20-30 cm	15.7_a	7.4	8.6	26.3_b	42.1_b

Tableau 3 Granulométrie en zone de Savane

critère anal.	tranche	sgn.	groupes test Dunnet	test multidim.
argile	0-10 cm	*	G1: Fo;18A;30A ; G2: 5A;9a	**
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	n s		
sab. fins	0-10 cm	*	G1: 5A ; G2: Fo;9A;18A;30A	n s
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	n s		
sab. gros	0-10 cm	***	G1 :30A;Fo;18A;9A ; G2 :5A	n s
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	*	G1 :Fo;5A;9A;18A;30A	n s

Tableau 4 Analyse en randomisation totale et test multidimensionnel sur granulométrie en zone de Forêt

sgn : significativité du F calculé ; n s : non significatif à $p=0,05$; * : significatif à $p=0,05$; ** : significatif à $p=0,01$.

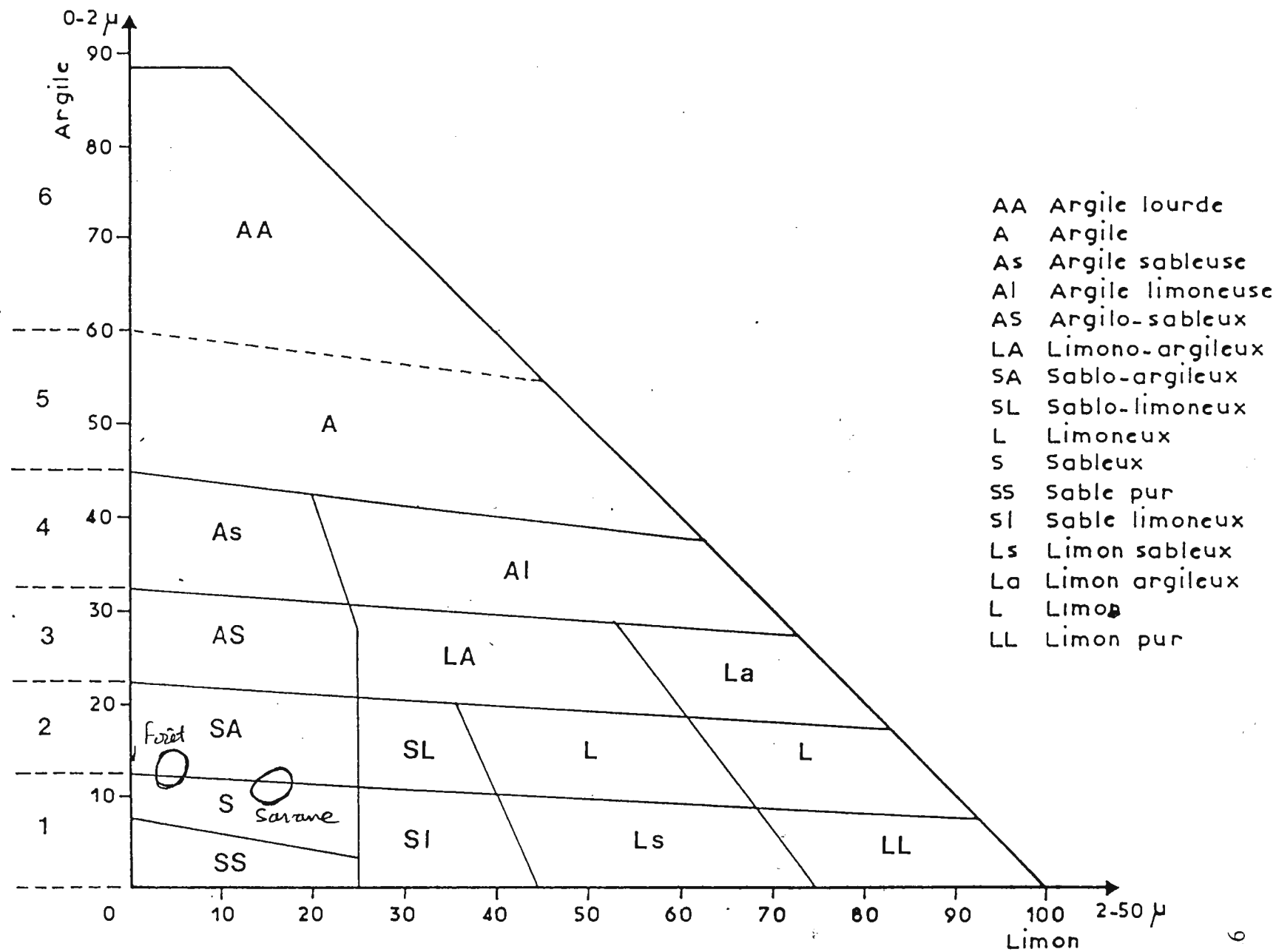


Figure 2 LE DIAGRAMME DES TEXTURES DU GEPPA

qu'il y ait de progression logique en accord avec la durée de l'hévéaculture.

A Tombokro, en zone de savane, les textures des deux sites étudiés sont globalement comparables. Les deux sites sont classés dans le même groupe (sol sablo-argileux) en surface puis la texture devient un peu plus grossière entre 10 et 30 cm pour les parcelles en forêt, cette différence étant surtout à mettre au compte des teneurs en argile.

2.3. Mesure des densités apparentes

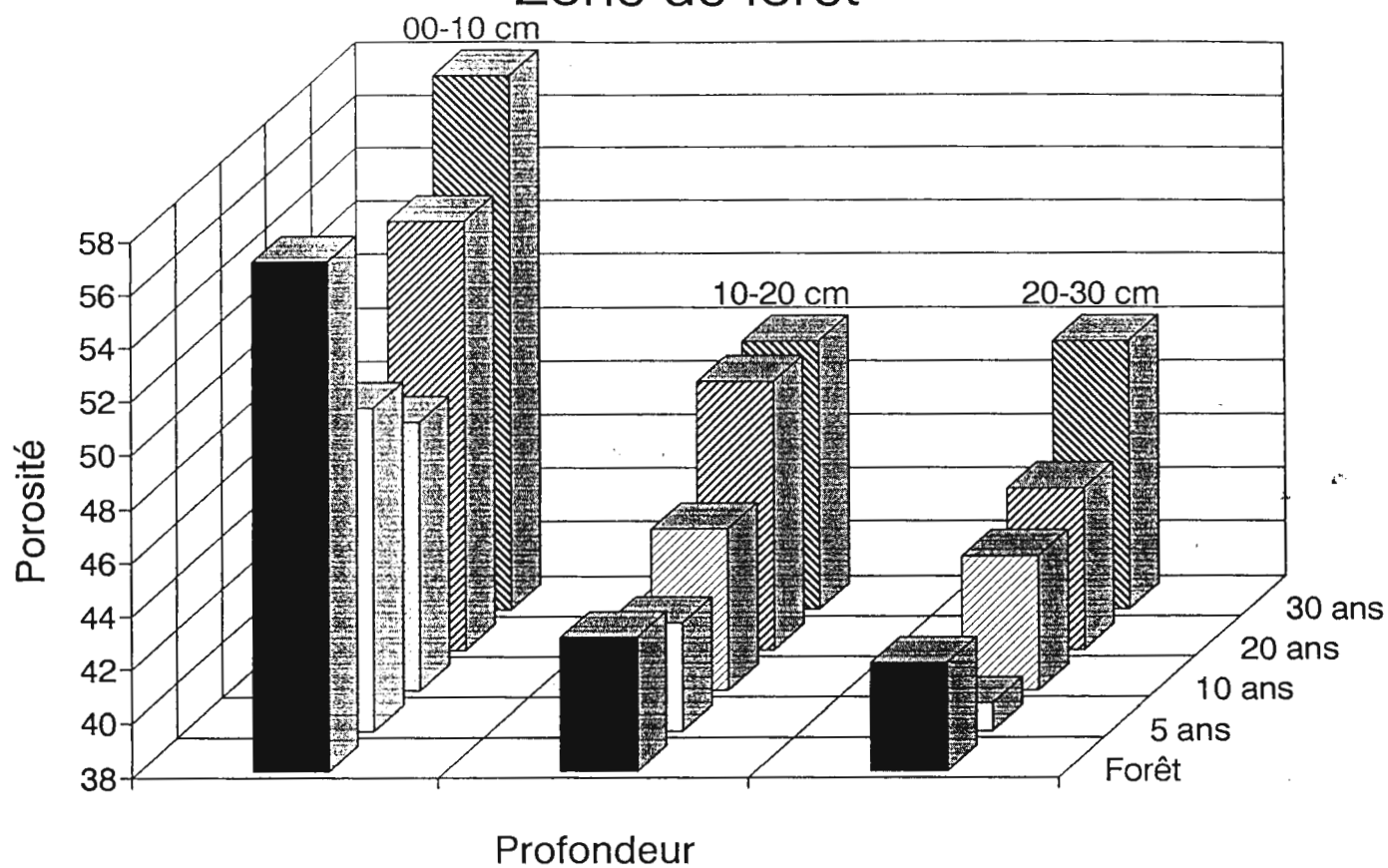
La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est en effet liée à la nature et à l'organisation des constituants. La méthode du densitomètre à membrane a été utilisée. Le principe de cette méthode est fondé sur la détermination du poids spécifique apparent d'un volume de sol prélevé. Le volume est estimé immédiatement sur le terrain alors que le poids est évalué après séchage et pesée.

Les mesures ont été effectuées dans les couches 0-10 cm, 10-20 et 20-30 cm début septembre à raison de 2 prélèvements par répétition, soit 8 mesures par parcelle et 56 déterminations pour les 7 situations. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 5. Les densités croissent en moyenne avec la profondeur.

- Concernant la couche 0-10 cm, pour le site d'Anguédédou, les densités apparentes des parcelles de 30 ans et de forêt sont comparables entre elles et significativement inférieures à celles des parcelles de 5 à 10 ans, la densité à 20 ans étant intermédiaire. Ceci pourrait s'expliquer par l'importance de la colonisation racinaire sous forêt et sous parcelle de 30 ans d'une part et d'autre part par la présence d'un mat racinaire important sous la parcelle de 30 ans. Pour les couverts plus jeunes (5 et 10 ans), l'influence négative des travaux de préparation du terrain pourraient expliquer les fortes densités. A Tombokro, les densités sont dans l'ensemble basses et comparables.
- S'agissant de la couche 10-20 cm qui a moins subi les pressions de travail du sol que la couche 0-10 cm, aucune différence significative n'est notée entre parcelles, mais les couverts d'hévéas les plus âgés se caractérisent par des densités plus faibles. A Tombokro, la densité de la parcelle d'hévéas est supérieure à celle du témoin forêt. Ceci s'explique par la structure et la cohésion du sol au moment des observations des profils culturaux.
- En ce qui concerne l'horizon 20-30 cm, les densités sont dans l'ensemble élevées et comparables entre parcelles dans le Sud-Est. A Tombokro, la densité apparente sous forêt est toujours inférieure à celle de la parcelle d'hévéas.

La mesure de la densité réelle a permis de calculer la porosité correspondante. La porosité de la couche superficielle (0-10) est toujours plus élevée que les couches plus profondes. Elles sont les plus faibles à 10 ans et reprennent à 20 et 30 ans leur valeur initiale. Pour les couches plus profondes (20-30) la porosité du sol sous les hévéas adultes est égale ou supérieure à celle observée sous forêt (Figure 3).

Zone de forêt



Zone de savane

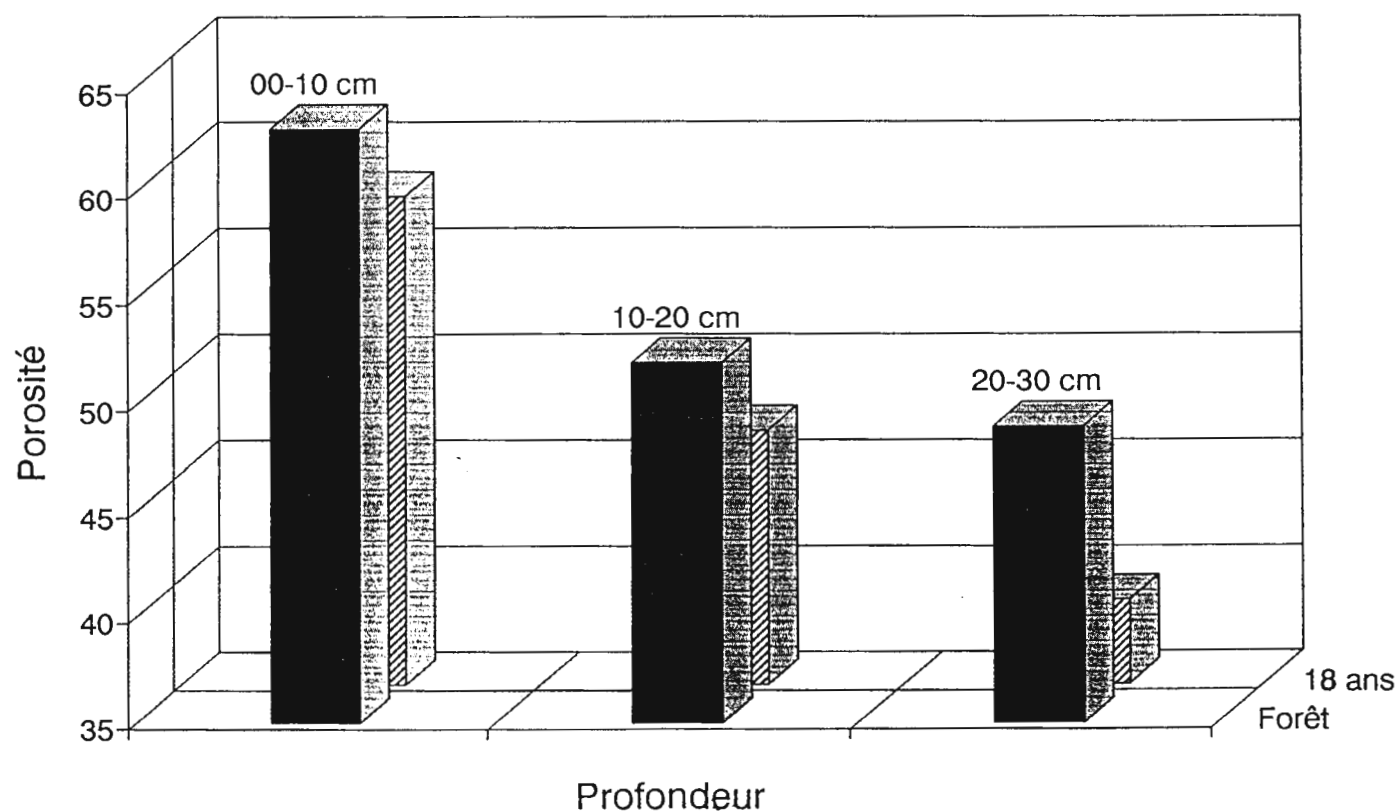


Figure 3 EVOLUTION DE LA POROSITE AVEC LA PROFONDEUR ET L'AGE

2.4. Mesures pénétrométriques

La pénétrométrie est une technique permettant d'amplifier les variations de densité du sol. Elle consiste à mesurer l'énergie nécessaire à l'enfoncement dans le sol d'une pointe conique calibrée à l'extrémité d'une tige. L'appareil utilisé est le pénétromètre statique. Une formule permet de traduire en bars la résistance à la pénétration à partir de la profondeur d'enfoncement par coup de la pointe du pénétromètre.

Les mesures ont été effectuées début septembre par tranches de 5 cm jusqu'à 30 cm de profondeur, à raison de 5 mesures par répétition soit 20 déterminations par parcelle et 140 mesures pour les 7 situations. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 5.

Les valeurs de ce paramètre qui dépendent en première approche des valeurs des densités apparentes et des humidités au moment des mesures, croissent en moyenne avec la profondeur (Figure 4a-4b). Précisément les valeurs de pénétrométrie sont d'autant plus élevées que les densités apparentes sont fortes et les humidités faibles. Cependant, sur le site d'Anguédédou et dans la couche 0-10 cm, l'hypothèse de la présence d'obstacles pour expliquer les fortes valeurs obtenues sur les parcelles de 5 et 30 ans, peut être retenue.

2.5. Humidité du sol

Les séries de mesures ont été faites en saison sèche en même temps que les mesures de densité apparente et de pénétrométrie et sont consignées dans le tableau 5 et les figures 5a et b. Il ressort que la parcelle de 30 ans conserve mieux l'humidité quelle que soit la profondeur. Les humidités sous forêt sont statistiquement plus faibles que les humidités mesurées sous hévéa sauf à Anguédédou dans la couche 20-30 cm où elles sont comparables aux humidités des parcelles de 5 et 10 ans d'âge. A Tombokro, le peuplement hévéicole conserve également mieux l'humidité.

3. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL

Les analyses classiques de terre ont été réalisées par le laboratoire URA du GERDAT sur les échantillons prélevés pour l'étude de la granulométrie (paragraphe 2.2.).

Le carbone a été dosé par voie sèche par un appareil CHN LECO. On dispose aussi par la même méthode du dosage de l'azote total.

Les formes d'azote (azote total, azote minéral, formes organiques obtenues par hydrolyse acide) ont été déterminées par le laboratoire spécialisé de l'IRAT. La méthode utilisée est schématisée à la figure 6 ci-après.

L'interprétation des résultats issus de cette hydrolyse est faite en se basant sur les travaux du laboratoire concernant les liaisons entre évolution des formes d'azote dans le profil et fertilité azotée des sols (WANEUKEM 1991 ; EGOUMENIDES 1990...).

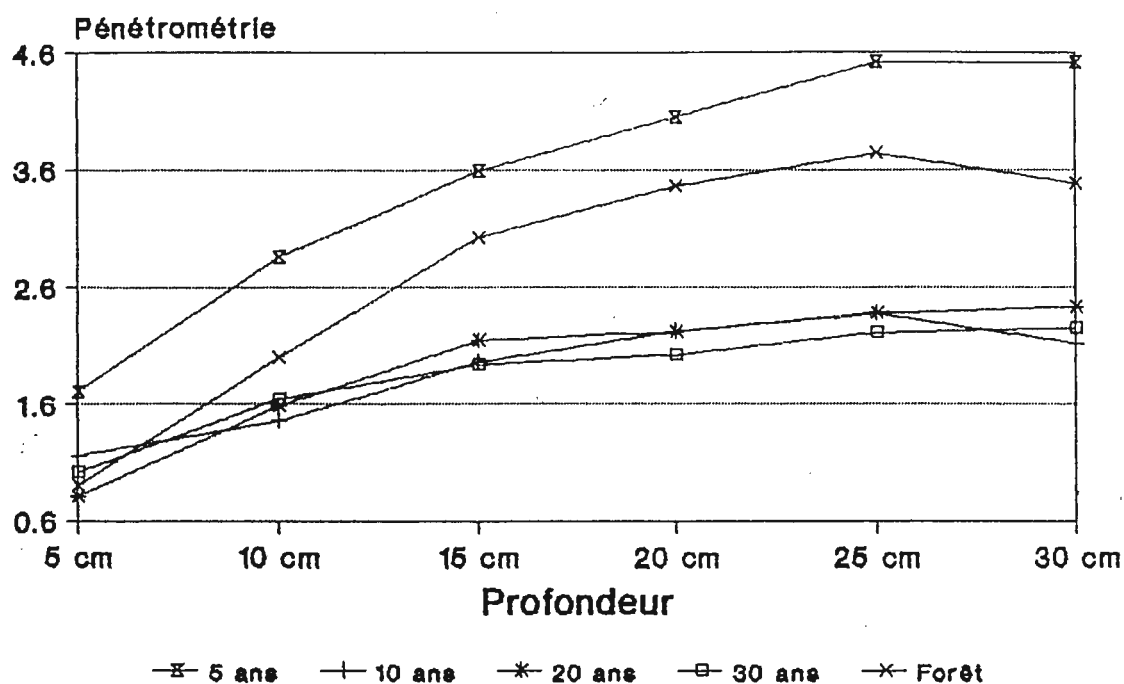


Figure 4a Evolution des valeurs de pénétrométrie avec la profondeur et l'âge - site d'Anguédédou, zone de forêt

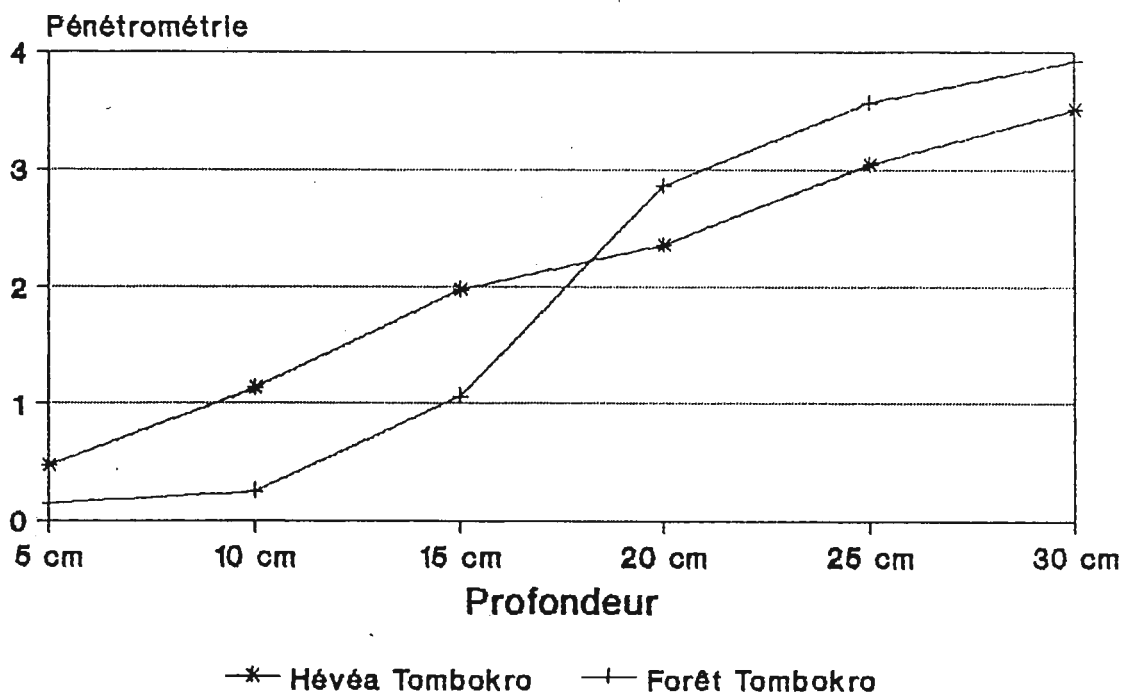


Figure 4b Evolution des valeurs de pénétrométrie avec la profondeur et l'âge - site de Tombokro, zone de savane

Age	Profondeur cm	Densité apparente	Densité réelle	Porosité %	Pénétro- métrie bar	Humidité %
30 ans	0-10	1.09 ^b	2.61	58	1.34	25.99 ^a
	10-20	1.35	2.60	48	1.98	18.73 ^a
	20-30	1.35	2.62	48	2.23	16.86 ^a
20 ans	0-10	1.21 ^{ab}	2.65	54	1.20	18.65 ^b
	10-20	1.37	2.64	48	2.18	16.03 ^b
	20-30	1.46	2.63	44	2.41	15.23 ^b
10 ans	0-10	1.36 ^a	2.60	48	1.33	17.14 ^b
	10-20	1.49	2.64	44	2.08	14.94 ^b
	20-30	1.51	2.65	43	2.25	13.97 ^{bc}
5 ans	0-10	1.27 ^a	2.56	50	2.29	18.22 ^b
	10-20	1.49	2.59	42	3.82	15.14 ^b
	20-30	1.59	2.62	39	4.51	13.66 ^{bc}
Forêt	0-10	1.09 ^b	2.55	57	1.45	13.49 ^c
	10-20	1.48	2.60	43	3.25	11.84 ^c
	20-30	1.50	2.59	42	3.61	12.49 ^c
Moyenne	30 ans	1.26	2.61	52	1.85	20.53
	20 ans	1.35	2.64	49	1.93	16.64
	10 ans	1.45	2.63	45	1.89	15.35
	5 ans	1.45	2.59	44	3.54	15.67
	Forêt	1.36	2.58	47	2.77	12.61
Moyenne	0-10 cm	1.20	2.59	54	1.52	18.70
	10-20 cm	1.44	2.61	45	2.66	15.34
	20-30 cm	1.48	2.62	43	3.00	14.44
18 ans	0-10	1.11	2.63	58	0.20	22.05 ^a
	10-20	1.41	2.64	47	1.96	15.17
	20-30	1.60	2.61	39	3.75	12.45
Forêt	0-10	0.97	2.59	63	0.80	14.12 ^b
	10-20	1.25	2.63	52	2.17	6.68
	20-30	1.33	2.60	49	3.28	6.51
Moyenne	18 ans	1.37	2.63	48	1.97	16.56
	Forêt	1.18	2.61	55	2.08	9.10
Moyenne	0-10 cm	1.04	2.61	60	0.50	18.09
	10-20 cm	1.33	2.64	50	2.07	10.93
	20-30 cm	1.47	2.61	44	3.52	9.48

Tableau 5 Caractéristiques physiques moyennes

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas (vu le test de Newmanns-Keuls à $p=0,05$).

Zone de forêt

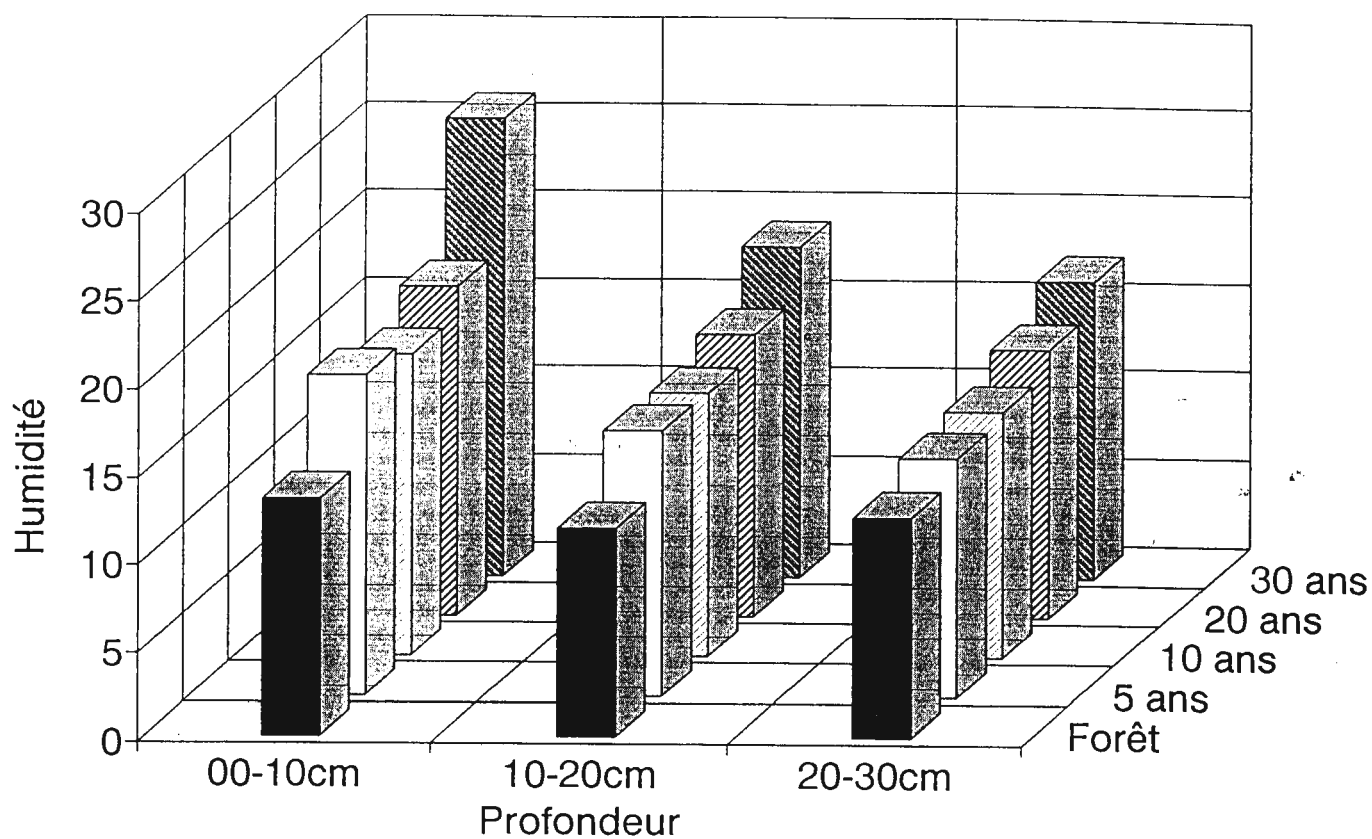


Figure 5a Valeur de l'humidité avec la profondeur et l'âge

Zone de savane

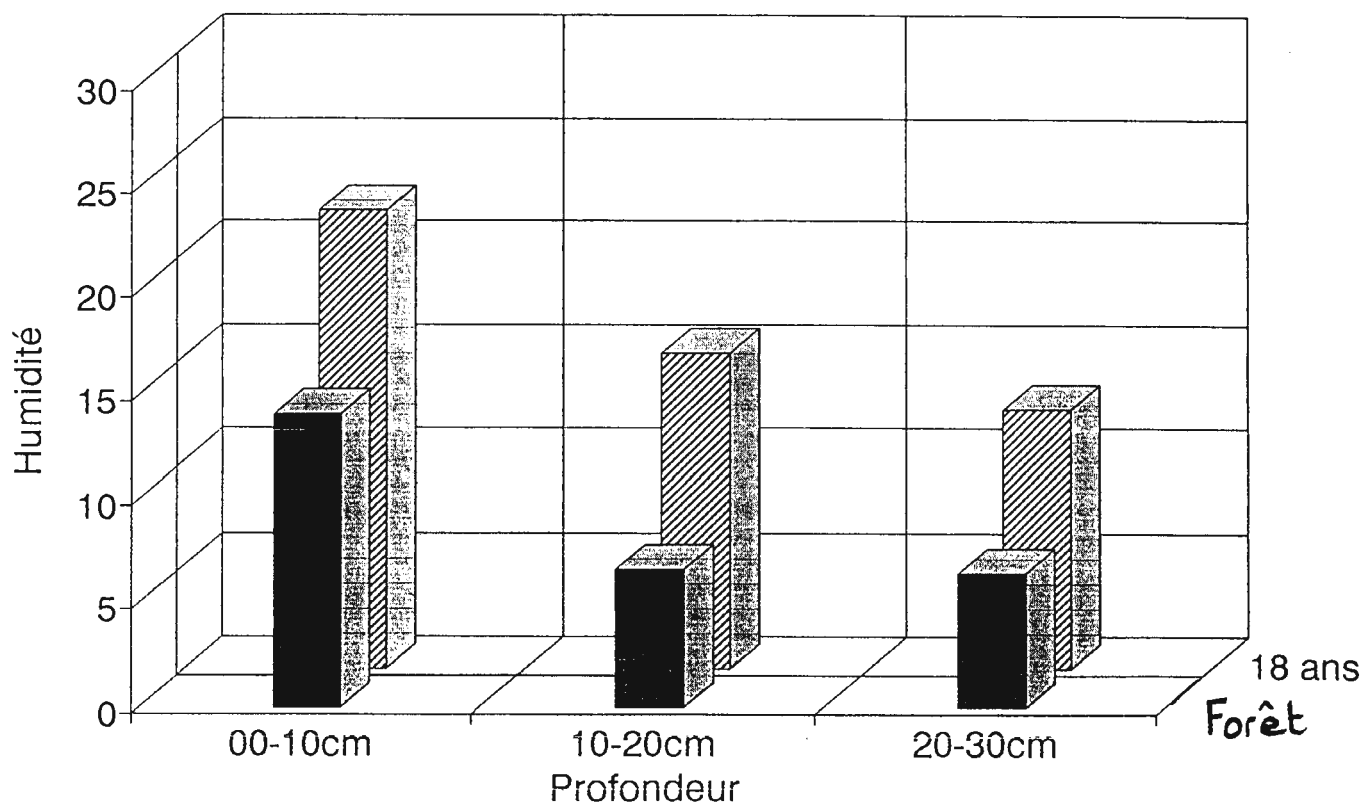


Figure 5b Valeur de l'humidité avec la profondeur et l'âge

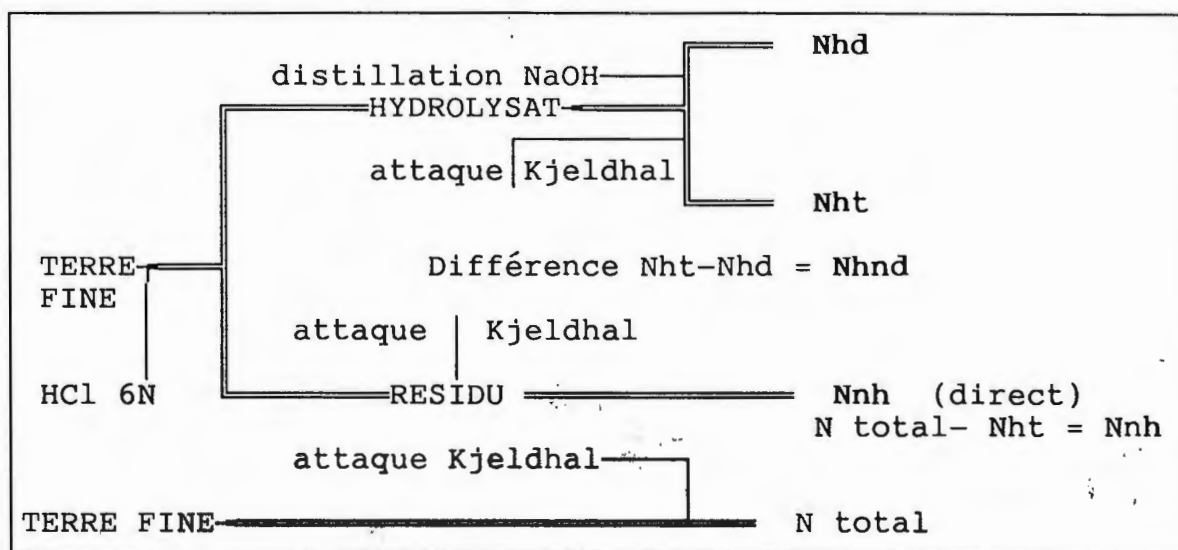


Figure 6 Schéma de principe du fractionnement de l'azote du sol

Le phosphore assimilable est extrait par le réactif de Olsen-Dabin qui est un réactif mixte agissant sur les formes de P liées au fer, à l'aluminium et au calcium. Le complexe adsorbant a été analysé par la méthode au chlorure de cobaltihexamine. Cette technique, utilisant un réactif non tamponné permet de déterminer la capacité d'échange au pH du sol et de doser Al (AAS en milieu protoxyde) et H (par mesure de pH de l'extrait). Les oligo-éléments ont été analysés par la technique de Lyndsay (extraction au DTPA).

3.1. Matière organique - azote

Les teneurs en matière organique varient entre 1,1 et 4,1 % sur l'ensemble des situations analysées (Tableau 9 Annexe). Sur chaque site, la matière organique baisse depuis la surface vers la profondeur. Au-delà de 5 ans de culture, les teneurs sont équivalentes dans les tranches 10-20 et 20-30 cm. Les moyennes observées figurent aux tableaux 6 et 7.

Les différences constatées entre moyennes sur les teneurs en azote total sont significatives. Les résultats des analyses statistiques en randomisation totale figurent dans le tableau 8.

Sur la figure 7, il apparaît nettement que la mise en culture s'accompagne d'une baisse des teneurs en azote total dans la couche superficielle puis d'une remontée à un niveau intermédiaire entre le niveau le plus bas et celui de départ.

Les formes d'azote déterminées par l'hydrolyse acide conduisent à une analyse similaire à celle faite pour l'azote total. Les tableaux 6 à 8 présentent les moyennes et les principales conclusions de l'analyse statistique qui a été faite sur les trois couches de terre prélevées entre la surface et 30 cm de profondeur, aussi bien pour l'azote hydrolysable distillat (Nhd), l'azote hydrolysable non distillat (Nhdn) et l'azote non hydrolysable (Nrés). Dans tous les cas, les différences de teneur entre couches sont sensibles mais l'effet des "sites" est, pour une même couche beaucoup moins régulier.

Age	Profondeur cm	Matière organique %	C/N	N hd ppm	N ht ppm	N total ppm	N res ppm	N hnd ppm
30 ans	0-10	2.53 ^b	10.8	269 ^a	889	0	245 ^b	620 ^b
	10-20	1.43 ^{cd}	10.0	165 ^{cd}	484	599 ^{ef}	114 ^c	319 ^f
	20-30	1.24 ^d	11.1	137 ^d	381	499 ^f	118 ^c	244 ^g
	30-50	0.72	8.6	95	291	378	90	196
	50-70	0.83	8.1	90	258	308	59	168
20 ans	0-10	2.67 ^b	10.5	280	944	1124 ^b	180 ^{bc}	664
	10-20	1.62 ^{cd}	9.9	197	605	770 ^{de}	165 ^{bc}	408 ^b
	20-30	1.50 ^{cd}	10.2	166	489	620 ^{ef}	131 ^c	323 ^{de}
	30-50	1.02	10.0	118	314	406	92	196 ^f
	50-70	0.81	9.0	101	314	378	64	213
10 ans	0-10	1.93 ^c	10.3	204 ^{bc}	703	910 ^c	207 ^{bc}	498 ^c
	10-20	1.38 ^{de}	9.4	167 ^{cd}	511	630 ^{ef}	119 ^c	344 ^{ef}
	20-30	1.22 ^d	10.4	147 ^d	430	550 ^f	120 ^c	283 ^{fg}
	30-50	0.91	8.3	118	314	434	81	195
	50-70	0.67	7.4	81	230	322	57	148
5 ans	0-10	2.40 ^b	10.3	249 ^a	897	1113 ^b	216 ^{bc}	649 ^b
	10-20	1.91 ^c	10.2	214 ^b	680	847 ^{cd}	167 ^{bc}	466 ^{cd}
	20-30	1.57 ^{cd}	10.5	172 ^{cd}	540	725 ^{ef}	184 ^{bc}	369 ^{ef}
	30-50	0.83	8.4	92	280	406	77	188
	50-70	0.64	7.9	73	224	294	42	151
Forêt	0-10	3.40 ^a	11.7	273 ^a	1060	1379 ^a	319 ^a	787 ^a
	10-20	1.73 ^{cd}	10.3	174 ^{cd}	601	756 ^{de}	155 ^{bc}	426 ^{de}
	20-30	1.28 ^d	9.1	153 ^d	501	634 ^{ef}	132 ^c	348 ^{ef}
	30-50	0.88	9.3	95	291	406	56	196
	50-70	0.69	8.9	90	280	392	53	200

Moyenne	30 ans	1.73 ^{bc}	10.6	190 ^{ab}	585	366 ^b	159	394 ^b
	20 ans	1.93 ^{ab}	10.2	214 ^a	679	838 ^a	159	465 ^a
	10 ans	1.51 ^c	10.0	173 ^b	548	697 ^b	149	375 ^b
	5 ans	1.96 ^{ab}	10.3	212 ^a	706	895 ^a	189	495 ^a
	Forêt	2.14 ^a	10.7	200 ^a	721	923 ^a	202	520 ^a

Moyenne	0-10 cm	2.58 ^a	10.7	255 ^a	899	905 ^a	233 ^a	644 ^a
	10-20 cm	1.61 ^b	10.0	183 ^b	576	720 ^b	144 ^b	393 ^b
	20-30 cm	1.36 ^c	10.2	155 ^c	468	606 ^c	137 ^b	313 ^c

Tableau 6

Matière organique et azote en zone de Forêt

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas (vu le test de Newmanns-Keuls à $p=0,05$).

18 ans	0-10	1.79	8.4	258 ^b	829 ^b	987 ^b	158	571
	10-20	1.24	8.6	174 ^{cd}	476 ^{cd}	550 ^d	74	302 ^{cd}
	20-30	0.82	9.4	131 ^d	350 ^d	396 ^d	46	219 ^d
Forêt	0-10	3.22	9.4	367 ^a	1246 ^a	1456 ^a	210	879 ^a
	10-20	1.48	10.3	188 ^c	554 ^c	630 ^c	76	367 ^c
	20-30	1.06	10.2	169 ^{cd}	428 ^{cd}	497 ^d	69	260 ^d
Moyenne	18 ans	1.28 ^b	8.6	188 ^b	552 ^b	644 ^b	93	364 ^b
	Forêt	1.92 ^a	9.7	241 ^a	743 ^a	861 ^a	118	502 ^a

Moyenne	0-10 cm	2.51 ^a	9.0	313 ^a	1038 ^a	1222 ^a	184 ^a	725 ^a
	10-20 cm	1.36 ^b	9.4	181 ^b	515 ^b	590 ^b	75 ^b	335 ^b
	20-30 cm	0.94 ^c	9.8	150 ^c	389 ^c	447 ^c	58 ^b	240 ^c

Tableau 7

Matière organique et azote en zone de Savane

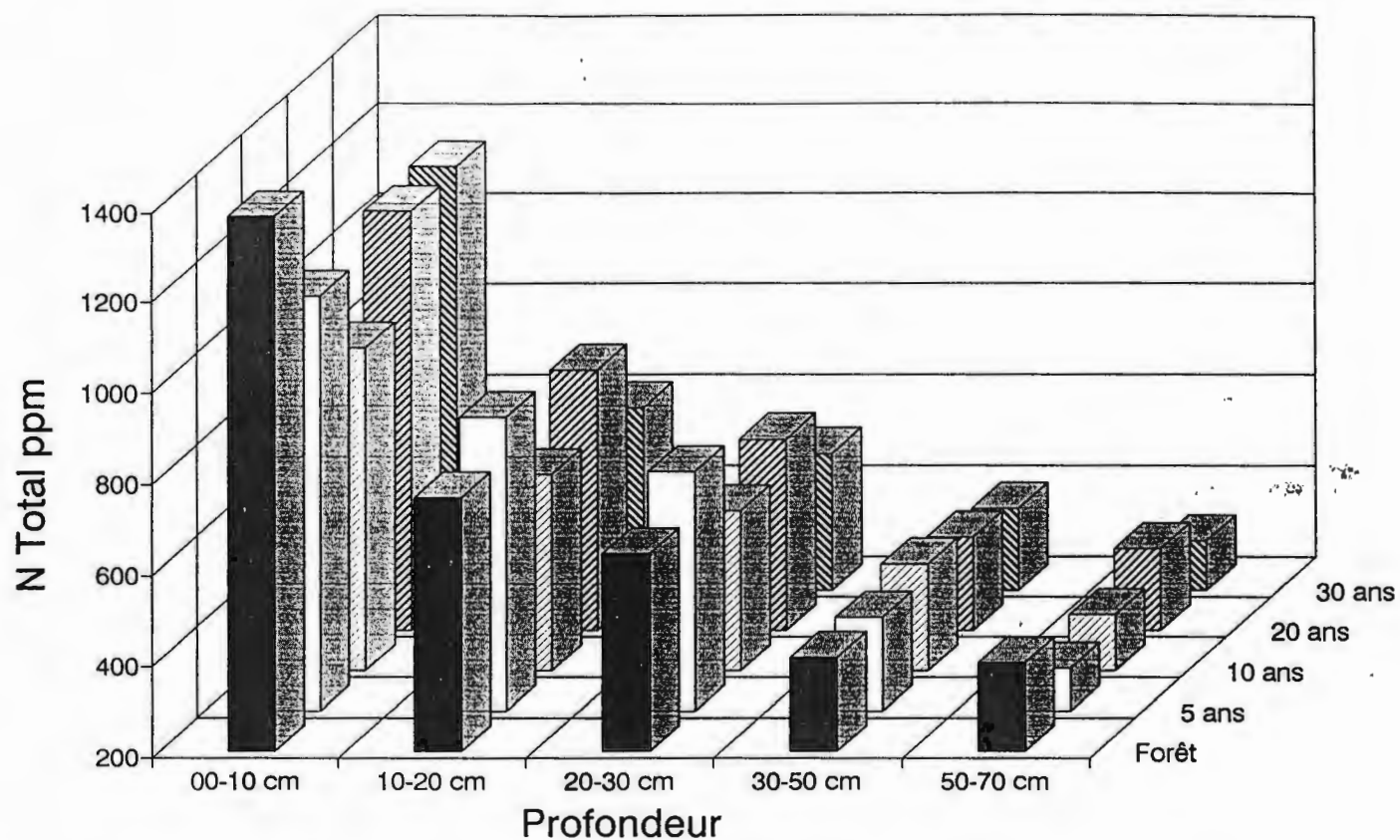
critère anal.	tranche	sgn.	groupes test Dunnet	test multidim.
N total	0-10 cm	***	G1: Fo;G2:5A;9A;18A;30A	**
	10-20 cm	***	G1: Fo;5A;18A;G2: 9A;30A	
	20-30 cm	***	G1: 5A;G2: Fo;18A;G3: 9A;30A	
N hd	0-10 cm	**	G1: 9A;G2: 5A;Fo;18A;30A	**
	10-20 cm	***	G1: 5A;G2: 9A;Fo;18A;30A	
	20-30 cm	**	G1: 5A;9A;Fo;18A;30A	
N hnd	0-10 cm	***	G1:Fo;G2 :5A;9A;18A;30A	**
	10-20 cm	***	G1:Fo;5A;18A; G2:9A;30A	
	20-30 cm	***	G1:Fo;5A;18A; G2:9A;30A	
N rés	0-10 cm	*	G1:5A;Fo;30A; G2:9A;18A	n s
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	n s		
Carbone	0-10 cm	***	G1:Fo; G2:5A;9A;18A;30A	***
	10-20 cm	***	G1:Fo;5A;18A; G2:9A;30A	
	20-30 cm	**	G1:5A; G2: 9A;Fo;18A;30A	

Tableau 8 Analyse en randomisation totale et test multidimensionnel sous forme d'azote en zone de Forêt

sgn : significativité du F calculé ; n s : non significatif à $p=0,05$; * : significatif à $p=0,05$; ** : significatif à $p=0,01$.

G_i : groupe de moyennes homogènes témoin Forêt test de Dunnet.

Zone de forêt



Zone de savane

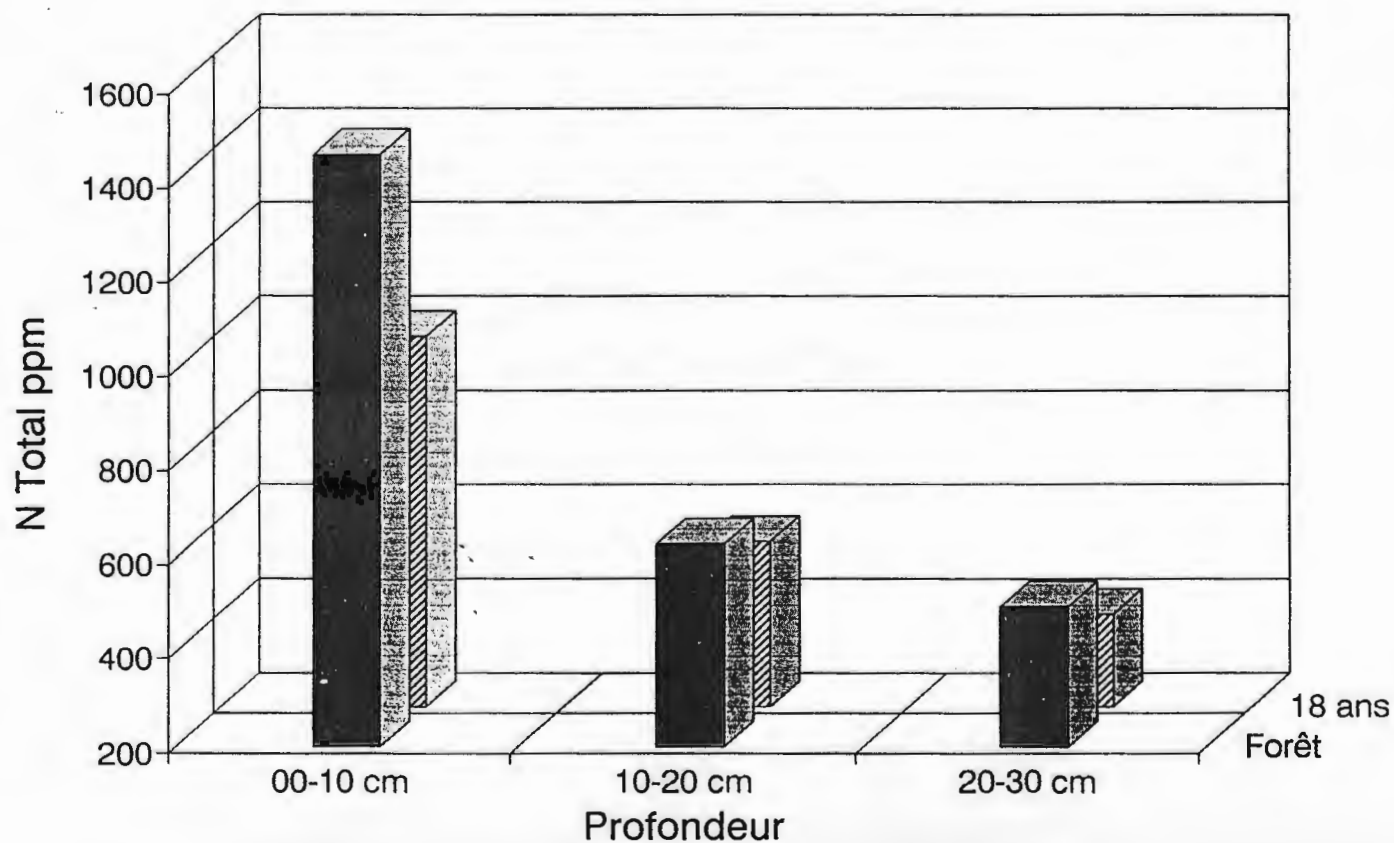


Figure 7 Evolution de l'azote total en fonction de l'âge et de la profondeur

N hd : les teneurs en azote hydrolysable distillable sont différenciées selon les sites pour les trois couches de terre analysées. En surface, les teneurs en N hd chutent de 25% environ sur les parcelles en hévéaculture depuis 9 ans, sur les autres les teneurs sont équivalentes dans tous les cas (régénération ou hasard du prélèvement ?). Dans la couche 10-20 cm, la parcelle en culture depuis 5 ans présente des teneurs supérieures aux autres, tandis qu'à 30 cm les diverses parcelles ne peuvent pas être différenciées. Pour ce qui est des tranches "profondes" pour lesquelles on ne dispose que d'analyses moyennes, le sens de variation des teneurs serait apparemment inversé par rapport aux tranches superficielles.

N hnd : en surface, le classement des parcelles est le même que celui constaté pour N hd. Dans les deux autres tranches, la situation est assez confuse avec des variations qui ne suivent pas un ordre régulier selon la durée de culture de la parcelle. La constante de cette caractéristique est la baisse régulière des teneurs avec la profondeur. Si l'on porte les teneurs en N hnd en fonction de la durée de la culture, on constate que les différences entre parcelles s'atténuent avec la profondeur, dans le cas des tranches 30-50 cm et 50-70 cm (pour lesquelles on ne dispose que d'une analyse moyenne), on peut considérer que les teneurs en N hnd sont identiques pour toutes les parcelles.

N rés. : la variabilité des résultats sur l'azote résiduel (azote non hydrolysable obtenu par différence avec l'azote total) est élevée (CV de l'ordre de 23%), aussi peu de différences sont mises en évidence par les diverses analyses statistiques faites sur les tranches de terre pour lesquelles on dispose de répétitions. C'est ainsi que seules les teneurs de la couche de surface peuvent être différenciées selon les sites avec la même chute de teneur après la mise en culture et la même remontée au niveau initial qui ont déjà été observées pour les autres formes d'azote.

réserves en azote et liaisons formes d'azote autres critères : si l'on applique les formules de calcul des réserves en azote du sol définies à partir des hydrolyses acides ($R = N_{hnd} - K N_{hd}$) K étant le rapport de ces deux formes (N_{hnd}/N_{hd}) en profondeur et que l'on prend comme valeur du rapport en profondeur celle obtenue pour la tranche 20/30 cm (ce qui est très contestable mais les valeurs mesurées sur les couches 30/50 et 50/70 sur un échantillon moyen ne paraissent pas cohérentes avec les autres données moyennes du profil) les réserves en azote s'établissent comme suit pour la couche 0-20 cm :

réserves N (mg/g)	FORET	Hévéa 5 ans	Hévéa 9 ans	Hévéa 18 ans	Hévéa 30 ans
0-20 cm	0,121	0,128	0,144	0,167	0,197

Apparemment les réserves en azote augmenteraient avec la durée de la culture d'hévéa.

Les graphes N_{hd} et $N_{ht} = F(CEC \text{ ou argile ou carbone})$ ont été tracés. Les liaisons avec les teneurs en carbone sont étroites mais celles avec les autres caractéristiques le sont beaucoup moins. La tendance, souvent observée d'une liaison entre les teneurs en N_{hd} et la CEC est ici retrouvée.

En zone de savane les parcelles en hévéa ont les teneurs en carbone statistiquement les plus faibles et ce, pour toutes les tranches analysées. Les diverses formes d'azote sont toutes affectées par l'hévéaculture. L'analyse statistique portant sur l'azote montre que les teneurs des tranches 10-20 et 20-30 cm sont équivalentes pour la plupart des

formes et un couvert végétal donné, les parcelles en hévéa étant plus pauvres que celles en forêt. La diminution est la plus importante dans le cas de la tranche de surface (30 % environ pour chacune des formes analysées). Le calcul des réserves en azote selon les critères déjà définis figure au tableau suivant :

tranche	parcelles en forêt (mgN g ⁻¹)	parcelles en hévéa (mgN g ⁻¹)
0-10 cm	0,314	0,136
10-20 cm	0,077	0,010

3.2. Phosphore

En zone de forêt, les teneurs en phosphore assimilable Olsen-Dabin sont assez faibles. L'analyse en split-plot indique des évolutions différentes du profil selon les sites de prélèvement (Tableau 9). Cette analyse est confirmée par l'analyse multivariée qui individualise deux groupes de site (Tableau 11) : la forêt et les parcelles en hévéaculture depuis 9 ans dont les teneurs en P assimilable sont inférieures à celles des autres parcelles.

Les teneurs en phosphore total (méthode HF) sont nettement plus faibles sur la forêt que sur les autres sites. Il n'y a pas sur chaque site de différence statistiquement décelable entre les tranches prélevées. On remarquera que, si un classement des sites peut être établi, il ne respecte pas l'ordre logique de la durée de l'hévéaculture et les différences constatées sont peut-être le simple fait de l'état du terrain ou d'apports différents de fumure de fond phosphatée.

En zone de savane (Tableau 10), les teneurs en phosphore assimilable Olsen III et en phosphore total ont aussi été déterminées, celles en P Olsen sont très faibles quelle que soit la situation considérée et comparables sur les deux sites même si la tranche de surface est un peu mieux fournie. Les teneurs en phosphore total sont un peu plus faibles dans la tranche de surface sous hévéa que sous forêt.

3.3. Complexe adsorbant

En zone de forêt : l'analyse statistique des principales variables qui composent le complexe adsorbant est résumée ci-après (Tableau 12).

Les valeurs parcellaires figurent dans le Tableau 11 en Annexe.

Les résultats "moyens" sont illustrés par la figure 8.

Calcium : les teneurs en calcium échangeable sont très faibles dans tous les cas (inférieures à 0,5 méq/100g). L'analyse en "split-plot" n'indique pas d'effet des sites de façon globale, une interaction sites-profondeur très hautement significative et une forte hétérogénéité à l'intérieur des divers sites. L'analyse multidimensionnelle en randomisation totale (Tableau 14) fait état, en surface, de deux groupes de "parcelles" : forêt et 5 ans de culture dont les teneurs sont supérieures aux trois autres tandis qu'à 15 et 25 cm en moyenne les teneurs en calcium échangeable sont égales sur toutes les parcelles. Le test multidimensionnel confirme l'évolution différente des trois tranches sur les divers sites.

Age	Profondeur cm	Phosphore total ppm	Olsen ppm	PH eau	PH KCl
30 ans	0-10	386 ^{bc}	27 ^{bc}	4.19 ^b	3.55
	10-20	438 ^{ab}	31 ^{bc}	4.39 ^b	3.86
	20-30	447 ^{ab}	42 ^{ab}	4.35 ^b	3.94
	30-50	520	36	4.50	4.10
	50-70	535	41	4.50	4.10
20 ans	0-10	416 ^{ab}	34 ^{bc}	4.29 ^b	3.71
	10-20	412 ^{ab}	42 ^{ab}	4.36 ^b	3.90
	20-30	437 ^{ab}	53 ^a	4.40 ^b	3.94
	30-50	567	69	4.60	4.05
	50-70	627	41	4.60	4.00
10 ans	0-10	334 ^c	21 ^{cd}	4.38 ^b	3.70
	10-20	337 ^c	18 ^{cd}	4.33 ^b	3.79
	20-30	339 ^c	17 ^{cd}	4.30 ^b	3.88
	30-50	400	22	4.50	3.95
	50-70	406	28	4.35	3.95
5 ans	0-10	467 ^a	35 ^{bc}	4.36 ^b	3.74
	10-20	471 ^a	31 ^{bc}	4.35 ^b	3.83
	20-30	486 ^a	31 ^{bc}	4.41 ^b	3.90
	30-50	558	52	4.45	4.15
	50-70	506	40	4.40	4.00
Forêt	0-10	254 ^d	20 ^{cd}	3.98 ^a	3.31
	10-20	257 ^d	15 ^{cd}	4.18 ^b	3.65
	20-30	241 ^d	13 ^c	4.25 ^b	3.84
	30-50	282	8	4.40	4.00
	50-70	370	24	4.40	3.95
Moyenne	30 ans	424 ^b	33 ^a	4.31 ^a	3.78
	20 ans	422 ^b	43 ^a	4.35 ^a	3.85
	10 ans	337 ^c	19 ^b	4.33 ^a	3.79
	5 ans	475 ^d	32 ^a	4.38 ^a	3.82
	Forêt	251 ^d	16 ^b	4.13 ^b	3.60
Moyenne	0-10 cm	371 ^b	27 ^b	4.24 ^a	3.60
	10-20 cm	383 ^a	28 ^b	4.32 ^b	3.80
	20-30 cm	390 ^a	31 ^a	4.34 ^b	3.90

Tableau 9 Phosphore et pH en zone de Forêt

18 ans	0-10	165 ^b	10	6.23	5.61
	10-20	157 ^b	8	5.94	5.24
	20-30	115 ^b	4	5.79	4.93
Forêt	0-10	240 ^a	12	6.78	6.26
	10-20	165 ^b	7	6.19	5.49
	20-30	171 ^b	7	5.88	5.03
Moyenne	18 ans	145 ^b	7	5.98	5.26
	Forêt	192 ^a	9	6.28	5.59
Moyenne	0-10 cm	202 ^a	11 ^a	6.50	5.94
	10-20 cm	161 ^b	8 ^b	6.06	5.36
	20-30 cm	143 ^b	6 ^b	5.83	4.98

Tableau 10 Phosphore et pH en zone de Savane

critère anal.	tranche	sgn.	groupes test Dunnet	test multidim.
P Olsen	0-10 cm	***	G1: Fo;5A;18A ; G2: 5A;18A	***
	10-20 cm	***	G1: 5A;18A;30A ; G2: Fo;9A	
	20-30 cm	***	G1: 5A;18A;30A ; G2: Fo;9A	
P. total	0-10 cm	***	G1: 5A;9A;18A;30A ; G2: Fo	*
	10-20 cm	***	G1 :5A;9A;18A;30A ; G2: Fo	
	20-30 cm	***	G1 :5A;9A;18A;30A ; G2: Fo	

Tableau 11 Analyse en randomisation totale et test multidimensionnel (P total et P assimilable) en zone de Forêt

sgn : significativité du F calculé ; n s : non significatif à $p=0,05$; * : significatif à $p=0,05$; ** : significatif à $p=0,01$.

Gi : groupe de moyennes homogènes témoin Forêt test de Dunnet.

Age	Profondeur cm	Ca	Mg	K	Na	Mn	Al	H	CEC
30 ans	0-10	0.22 ^{bc}	0.08 ^{bc}	0.08	0.07	0.00	0.83	0.28 ^b	1.71 ^{bc}
	10-20	0.09 ^c	0.03 ^{cd}	0.07	0.05	0.00	0.97	0.17 ^c	1.42 ^c
	20-30	0.07 ^c	0.01 ^{cd}	0.03	0.06	0.00	0.95	0.15 ^c	1.33 ^c
	30-50	0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	0.10	0.10	1.25
	50-70	0.01	0.01	0.03	0.04	0.00	0.89	0.09	1.10
20 ans	0-10	0.21 ^{bc}	0.08 ^{cd}	0.08	0.05	0.01	0.97	0.23 ^{bc}	1.69 ^{bc}
	10-20	0.11 ^c	0.04 ^d	0.07	0.07	0.00	1.01	0.16 ^c	1.57 ^{bc}
	20-30	0.10 ^c	0.02 ^d	0.05	0.05	0.00	1.06	0.15 ^c	1.57 ^{bc}
	30-50	0.01	0.02	0.03	0.04	0.00	0.97	0.10	1.20
	50-70	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	1.09	0.12	1.43
10 ans	0-10	0.17 ^c	0.05 ^{bd}	0.07	0.08	0.00	0.75	0.22 ^{bc}	1.62 ^{bc}
	10-20	0.07 ^c	0.00 ^d	0.05	0.07	0.00	0.66	0.19 ^{bc}	1.52 ^{bc}
	20-30	0.13 ^c	0.02 ^{cd}	0.04	0.07	0.00	1.00	0.17 ^c	1.41 ^c
	30-50	0.07	0.01	0.04	0.04	0.00	0.98	0.11	1.25
	50-70	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.88	0.12	1.15
5 ans	0-10	0.31 ^b	0.12 ^b	0.08	0.08	0.02	0.95	0.24 ^{bc}	1.85 ^b
	10-20	0.14 ^c	0.05 ^{cd}	0.06	0.06	0.01	1.00	0.20 ^{bc}	1.62 ^{bc}
	20-30	0.09 ^c	0.02 ^d	0.05	0.07	0.00	0.97	0.18 ^c	1.58 ^{bc}
	30-50	0.23		0.04	0.08	0.00	0.85	0.09	1.44
	50-70	0.05	0.02	0.02	0.03	0.00	0.96	0.12	1.24
Forêt	0-10	0.40 ^a	0.24 ^a	0.08	0.06	0.01	0.93	0.44 ^a	2.18 ^a
	10-20	0.12 ^c	0.08 ^{bd}	0.07	0.08	0.00	0.94	0.22 ^{bc}	1.51 ^{bc}
	20-30	0.09 ^c	0.06 ^{bd}	0.05	0.05	0.00	0.95	0.17 ^c	1.43 ^c
	30-50	0.02	0.02	0.03	0.07	0.00	1.03	0.11	1.20
	50-70	0.11		0.03	0.07	0.00	0.99	0.11	1.21

Moyenne	30 ans	0.12	0.04 ^b	0.06	0.06	0.00	0.92	0.20	1.49
	20 ans	0.14	0.05 ^b	0.06	0.05	0.00	1.01	0.18	1.61
	10 ans	0.12	0.02 ^b	0.05	0.07	0.00	0.80	0.19	1.52
	5 ans	0.18	0.06 ^b	0.06	0.07	0.01	0.97	0.20	1.68
	Forêt	0.20	0.13 ^a	0.06	0.06	0.00	0.94	0.28	1.71

Moyenne	0-10 cm	0.26 ^a	0.11 ^a	0.08 ^a	0.07	0.01	0.88	0.28 ^a	1.81 ^a
	10-20 cm	0.10 ^b	0.04 ^b	0.06 ^b	0.06	0.00	0.91	0.19 ^b	1.53 ^b
	20-30 cm	0.10 ^b	0.03 ^c	0.04 ^c	0.06	0.00	0.99	0.16 ^c	1.46 ^b

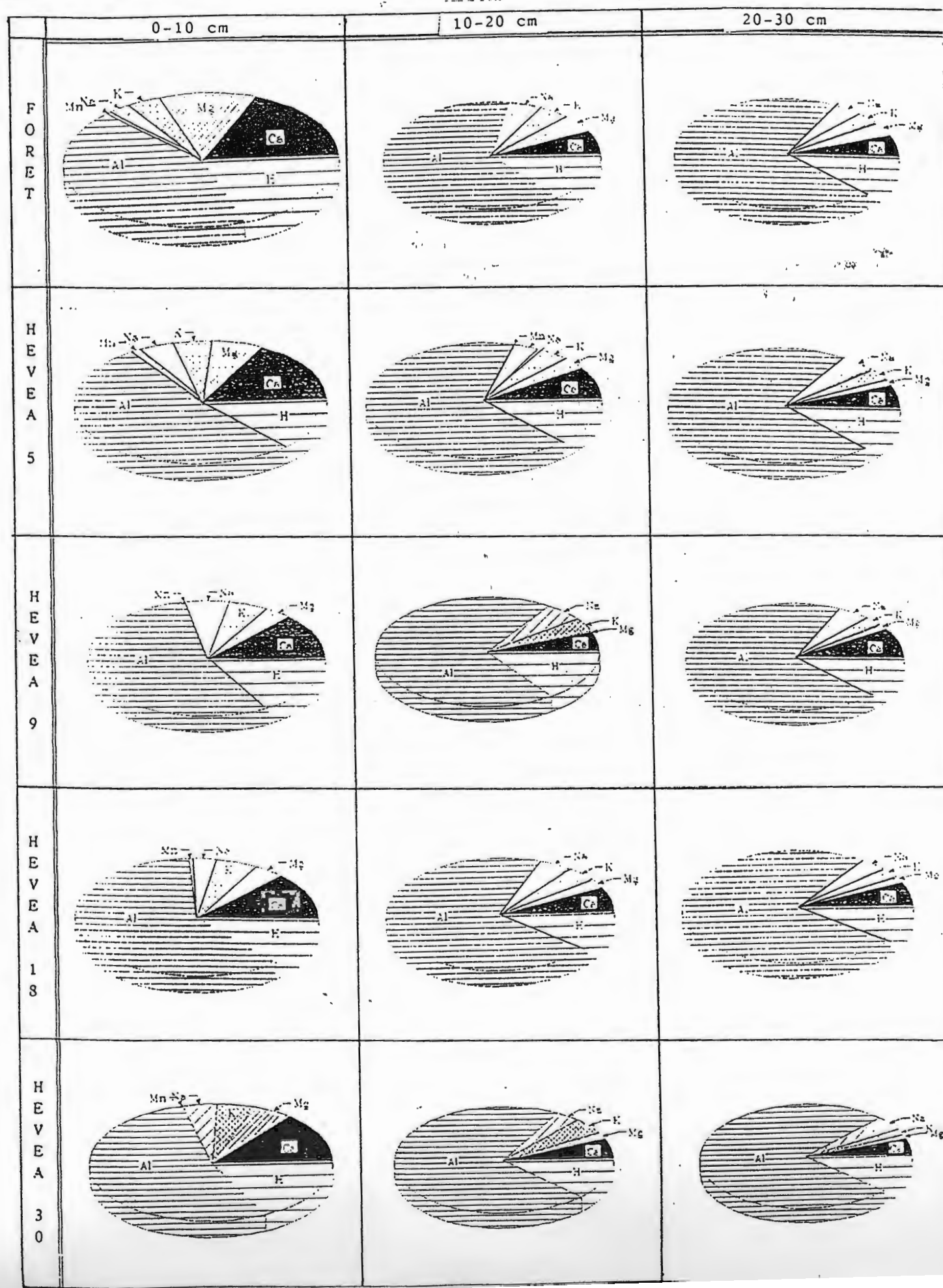
Tableau 12 Complexe adsorbant (med/100 g) en zone de Forêt

18 ans	0-10	3.55 ^{bc}	0.73	0.08 ^b	0.07	0.26	0.00	0.00	4.50 ^c
	10-20	3.29 ^{bc}	0.47	0.04 ^c	0.07	0.25	0.00	0.01	3.87 ^d
	20-30	2.85 ^c	0.43	0.03 ^c	0.07	0.19	0.00	0.01	3.39 ^d
Forêt	0-10	7.05 ^a	1.70	0.24 ^a	0.10	0.08	0.00	0.00	8.89 ^a
	10-20	3.93 ^b	1.21	0.10 ^b	0.07	0.17	0.00	0.01	5.23 ^b
	20-30	2.76 ^c	1.24	0.10 ^b	0.07	0.22	0.00	0.01	4.35 ^c
Moyenne	18 ans	3.23 ^b	0.54 ^b	0.05 ^b	0.07	0.23	0.00	0.01	3.92 ^b
	Forêt	4.58 ^a	1.38 ^a	0.14 ^a	0.08	0.15	0.00	0.01	6.15 ^a

Moyenne	0-10 cm	5.30	1.21 ^a	0.16	0.09	0.17	0.00	0.00	6.69
	10-20 cm	3.61	0.84 ^b	0.07	0.07	0.21	0.00	0.01	4.55
	20-30 cm	2.80	0.83 ^b	0.06	0.07	0.20	0.00	0.01	3.87

Tableau 13 Complexe adsorbant (med/100g) en zone de Savane

Figure 8 Etat du complexe adsorbant sur les parcelles du site d'Anguédédou



critère anal.	tranche	sgn.	groupes test Dunnet	test multidim.
Ca éch.	0-10 cm	*	G1: Fo; G2: 9A; 18A; 30A	***
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	n s		
Mg éch.	0-10 cm	***	G1: Fo; G2: 5A; 9A; 18A; 30A G1: Fo; 5A; G2: 9A; 18A; 30A G1: Fo; G2: 5A; 9A; 18A; 30A	***
	10-20 cm	***		
	20-30 cm	**		
K éch.	0-10 cm	n s		n s
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	n s		
Al éch.	0-10 cm	n s		n s
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	n s		
C E C	0-10 cm	**	G1: Fo; G2: 5A; 9A; 18A; 30A	*
	10-20 cm	n s		
	20-30 cm	n s		

Tableau 14 Analyse en randomisation totale et test multidimensionnel (complexe adsorbant) en zone de Forêt

sgn : significativité du F calculé ; n s : non significatif à $p=0,05$; * : significatif à $p=0,05$; ** : significatif à $p=0,01$.

G1 : groupe de moyennes homogènes témoin Forêt test de Dunnet.

Magnésium : les teneurs en magnésium échangeable sont extrêmement faibles sur ce type de sol (moyenne générale 0,06 méq/100g). Les enseignements de l'analyse statistique sont comparables à ceux obtenus pour le calcium, à la différence que malgré les très faibles valeurs la forêt a des teneurs en Mg échangeable supérieures à celles des autres sites pour les trois tranches analysées. L'évolution entre tranches pour un même site est tout comme pour le calcium différente selon les sites.

Potassium : les teneurs en potassium échangeable sont faibles dans tous les cas, elles diminuent avec la profondeur. L'analyse en "split-plot" montre globalement des différences de teneurs entre tranches (0,08 ; 0,06 et 0,04 méq/100 g depuis la surface jusqu'à 30 cm).

Aluminium et H échangeable : les teneurs en Al échangeable sont relativement élevées. L'analyse en "split plot" indique une interaction "sites-tranches" significative c'est-à-dire une évolution différente dans le profil pour les divers sites. Le test de Newmanns-Keuls donne un classement identique pour toutes les moyennes. L'analyse en randomisation totale confirme ces résultats.

Les teneurs en H échangeables sont plus faibles que celles en aluminium mais des différences significatives entre moyennes sont mises en évidence par l'analyse en split-plot. Ces résultats sont confirmés par l'analyse multidimensionnelle en randomisation totale pour chaque site. Le test de DUNNET indique un groupement logique des valeurs moyennes en fonction de l'âge des hêves.

Capacité d'échange : la capacité d'échange au pH du sol est faible et assez constante sur l'ensemble des échantillons analysés. Seul l'horizon de surface prélevé sous forêt a des teneurs significativement plus élevées que les autres situations.

En conclusion, pour pratiquement toutes les caractéristiques du complexe adsorbant, les critères analysés ne diffèrent que pour la tranche de surface et opposent les valeurs mesurées pour la forêt à l'ensemble des autres parcelles, il semble tout de même que la parcelle la plus appauvrie soit celle cultivée depuis 9 ans. Ce résultat est certainement à rapprocher des plus faibles teneurs en matière organique de cette tranche dès que la forêt est remplacée par l'hévéaculture. La figure 9 montre bien l'étroite relation entre ces deux critères et ce, pour toutes les situations analysées. Le complexe adsorbant est dans tous les cas dominé par l'aluminium et H échangeables et, si on constate une dégradation de la "quantité" du réservoir lors du passage de la forêt à l'hévéaculture, il y a peu de modifications de la "qualité", toujours très contestable et dont l'origine est à rechercher dans l'évolution pédogénétique d'un milieu aux conditions favorables à une désaturation des sols.

En zone de savane (Tableau 13) : les différences de composition du complexe adsorbant entre les prélèvements sous forêt et ceux sous hêves sont considérables. Dans le cas du calcium, l'appauvrissement constaté dans les parcelles en hêve est limité à la tranche 0-10 cm mais il porte sur toutes les tranches dans celui du magnésium et du potassium. On constate une augmentation des teneurs en manganèse échangeable mais pas d'apparition d'aluminium échangeable sur le complexe adsorbant, le pH eau reste d'ailleurs le même sous les deux types de couvert végétal. La CEC est très nettement plus faible dans les parcelles en hêve que dans celles en forêt et, si l'on constate une baisse relative de la part du calcium sur le complexe adsorbant et une augmentation de celle du manganèse, celle des autres cations n'est pas nettement

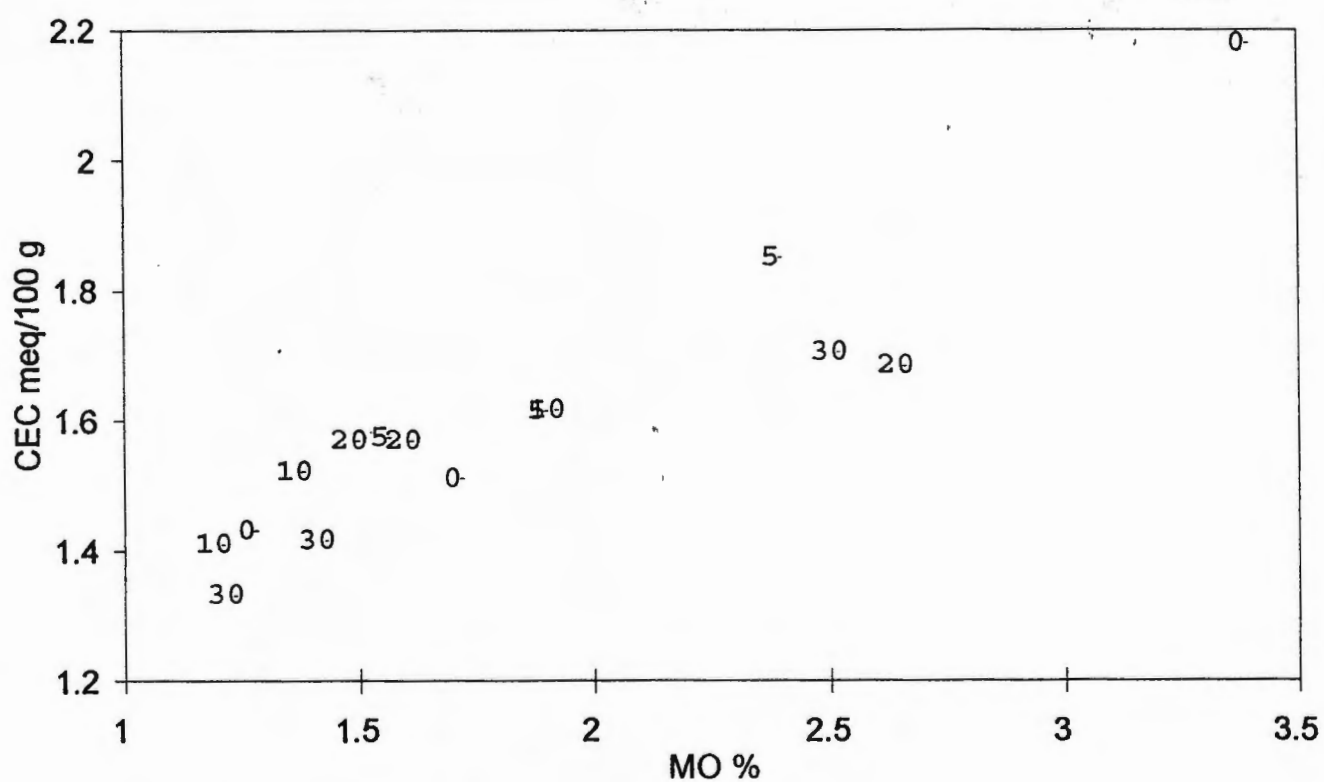


Figure 9 Relations MO-CEC en fonction de l'âge

différente entre type de couvert végétal. Le tableau suivant présente les variations relatives de CEC ainsi que la part de chacun des cations dans cette variation pour les tranches de terre homologues des 2 sites étudiés.

tranche	part de chaque cation dans la variation de CEC						variation de CEC %
	Ca	Mg	K	Na	Mn	H	
0-10 cm	-79,6	-22,1	-3,6	-0,6	+4,1	0,0	-49,5
10-20 cm	-46,9	-54,4	-4,6	-0,2	+5,9	+0,0	-25,9
20-30 cm	+9,9	-84,2	-6,5	+0,5	-3,7	+0,3	-22,1

Les cations dominants sur le complexe sont ceux qui ont la plus forte "responsabilité" dans la variation de CEC entre parcelles en hévéa et en forêt. De façon globale, l'état du complexe adsorbant dans l'horizon de surface des parcelles en hévéa équivaut à celui des tranches 10/20 cm ou même 20/30 cm des parcelles en forêt, les différences entre tranches sous hévéa n'étant alors pas significatives. Il y aurait donc une dégradation réelle de la tranche de surface du fait de la disparition de la forêt.

3.4. Oligo-éléments

Sur les valeurs moyennes qui figurent dans le tableau 15, on ne note pas d'évolution particulière des teneurs en oligo-éléments suivant l'âge des plantations.

Les teneurs diminuent en général avec la profondeur. Les teneurs en fer et en manganèse sont plus faibles en zone de forêt qu'en zone de savane. Ceci est à relier aux valeurs de pH.

4. CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES DES SOLS

4.1. Composition de la faune du sol

4.1.1. Matériel et méthodes

a) Echantillonnage

Un échantillonnage de la faune du sol a été réalisé pour chaque type de végétation cité précédemment. Pour des raisons de faisabilité, la faune du sol n'a été échantillonnée que sur une seule parcelle de chaque type de végétation, contrairement aux prélèvements du sol effectués sur 4 parcelles différentes.

L'échantillonnage a été effectué selon la méthode TSBF : 10 monolithes de sol de 25 cm de côté et 30 cm de hauteur ont été prélevés sur deux transects parallèles de 20 m, situés au centre de deux interlignes d'arbres séparés par une interligne. La distance entre chaque prélèvement est de 5 m sur l'interligne. Le sol a ensuite été séparé en strates de 10 cm d'épaisseur (0-10 cm ; 10-20 cm ; 20-30 cm) ; les animaux présents dans la litière et dans le sol ont ensuite été triés manuellement et conservés dans une solution de formaldéhyde à 4 %.

Age	Profondeur cm	Manganèse ppm	Cuivre ppm	Zinc ppm	Fer ppm	Bore ppm
30 ans	0-10	3	0.43	2.16	214	1.90
	10-20	2	0.51	0.31	178	0.70
	20-30	1	0.44	0.36	119	0.52
20 ans	0-10	4	0.74	0.66	158	1.14
	10-20	2	0.74	0.50	99	0.60
	20-30	2	0.85	0.47	86	0.52
10 ans	0-10	3	0.42	0.46	192	1.48
	10-20	1	0.37	0.28	145	1.30
	20-30	1	0.34	0.30	112	0.72
5 ans	0-10	10	0.69	0.59	182	1.40
	10-20	5	0.56	0.39	153	1.06
	20-30	3	0.56	0.93	126	0.98
Forêt	0-10	4	0.47	1.11	230	1.52
	10-20	1	0.24	0.42	174	1.68
	20-30	1	0.20	0.34	117	1.14
Moyenne	30 ans	2	0.46	0.94	170	1.04
	20 ans	3	0.78	0.54	114	0.75
	10 ans	2	0.38	0.35	150	1.17
	5 ans	6	0.60	0.64	154	1.15
	Forêt	2	0.30	0.62	174	1.45
Moyenne	0-10 cm	4.8	0.55	1.00	195	1.49
	10-20 cm	2.2	0.48	0.38	150	1.07
	20-30 cm	1.6	0.48	0.48	112	0.78
18 ans	0-10	113	0.70	2.52	19	0.74
	10-20	115	1.04	0.78	33	0.58
	20-30	108	1.07	0.42	35	0.56
Forêt	0-10	115	0.93	1.10	51	1.30
	10-20	106	1.36	0.69	34	1.04
	20-30	106	0.70	0.66	34	1.12
Moyenne	18 ans	112	0.94	1.24	29	0.63
	Forêt	109	1.00	0.82	40	1.15
Moyenne	0-10 cm	114	0.82	1.81	35	1.02
	10-20 cm	110.5	1.20	0.74	34	0.81
	20-30 cm	107	0.89	0.54	35	0.84

Tableau 15 Oligo-éléments

b) Tri et identification

Les animaux ont d'abord été séparés suivant des critères taxonomiques larges : on a ainsi distingué les Encytréides, Annélides oligochètes, Mollusques, Insectes (séparés en Isoptères, Hyménoptères, Orthoptères, Dermaptères, Hémiptères, Homoptères, Blattoptères, Coléoptères, Larves de coléoptères, Larves de diptères et autres insectes), Arachnides : Aranéides et Opilions, Crustacés Isopodes et Myriapodes.

Certains de ces groupes taxonomiques ont été secondairement séparés en sous-groupes trophiques : les Annélides oligochètes (vers de terre) ont été séparés selon la classification de Bouché (1977) en :

- vers litécoles, reconnaissables à leur pigmentation et se nourrissant de litière ; on a distingué les petits litécoles (vivant essentiellement dans la litière) et les gros litécoles (vivant plutôt dans le sol) ;
- vers géophages vivant dans le sol (endogés), ne présentant pas de pigmentation et se nourrissant de la matière organique du sol. On a séparé les petits géophages (vivant de préférence dans la rhizosphère) des gros géophages (à comportement plutôt aléatoire) ; une espèce A de taille moyenne, reconnaissable à des replis tégumentaires dans la région antérieure du corps, a également été distinguée dans le site de Tombokro.

Les insectes isoptères (termites) ont également été répartis en :

- termites xylophages se nourrissant de bois ;
- termites humivores se nourrissant de la matière organique du sol ;
- termites champignonnistes se nourrissant de débris végétaux préalablement partiellement décomposés par des champignons se développant dans des meules incluses dans les termitières ;
- termites fourrageurs : se nourrissant de débris végétaux frais.

Enfin les Myriapodes ont été séparés en :

- diplopodes, essentiellement composés d'espèces saprophages ;
- chilopodes, essentiellement composés d'espèces prédatrices.

c) Comptage et pesée

Pour chaque échantillon de sol, les animaux appartenant à chaque groupe d'espèces ainsi défini, ont été comptés afin de déterminer leur densité (en nombre d'individus par $1/16^{\text{ème}}$ m^2) et pesés afin de déterminer leur biomasse fraîche (en gramme par $1/16 \text{ m}^2$). Les densités et les biomasses par m^2 ont été estimées en sommant les données obtenues pour les dix monolithes de prélèvement et en ramenant cette somme à l'unité de surface. Cette méthode de calcul a été préférée à celle consistant à calculer une valeur moyenne sur les dix répétitions, en raison de la forte variabilité de la faune du sol d'un monolithe à l'autre. Cependant elle offre l'inconvénient de ne pas fournir d'indication directe sur la dispersion des données obtenues sur un même site, interdisant notamment les tests statistiques visant à comparer les moyennes. Conformément à d'autres études menées selon cette méthode TSBF, on peut cependant considérer que le coefficient de variation des sommes obtenues est de l'ordre de 25 %, ce qui permet de préjuger de la signification des différences observées entre les différentes sommes obtenues.

d) Calcul d'un indice de diversité

Afin d'estimer la diversité biologique des peuplements échantillonnés, un indice de diversité, inspiré de l'indice de diversité spécifique de Simpson, a été calculé :

$$I = 1 / \sum (p_i^2)$$

où p_i = fréquence des différents groupes faunistiques calculée sur la biomasse
(p_i = biomasse du groupe/biomasse totale)

4.1.2. Résultats

- Distribution de la faune sur le profil de sol

La répartition de la faune totale dans les différentes strates de sol considérées est représentée sur la figure 10. L'essentiel des effectifs des animaux se trouve généralement dans les strates les plus superficielles du sol (litière + strate 0-20 cm). La seule exception à ce modèle est donnée par la plantation d'hévéas de Tombokro où près de la moitié de l'effectif de la faune se trouve dans la strate 20-30 cm. La biomasse est quant à elle localisée à plus de 90 % dans les strates superficielles (litière + strate 0-20 cm), quelle que soit la parcelle considérée. Ces données suggèrent d'une part, que l'échantillonnage a été presque total, puisque très peu d'animaux vivent à une profondeur supérieure à 30 cm, d'autre part, montrent que la faune du sol concentre son activité essentiellement dans la partie superficielle du profil de sol (0-10 et 10-20 cm).

- Composition spécifique de la faune du sol

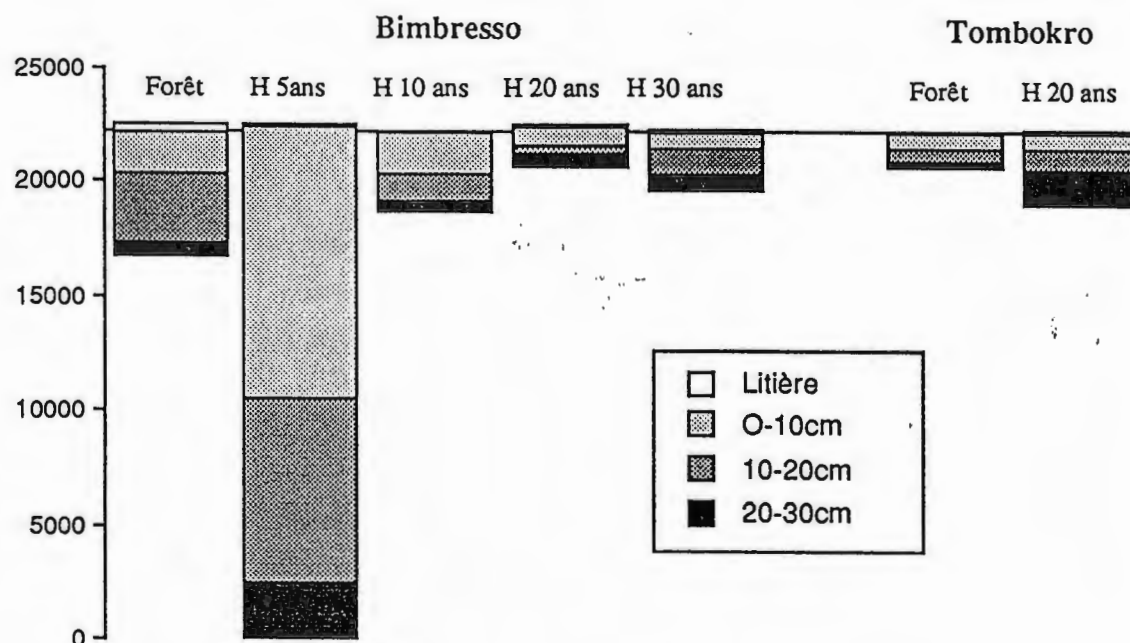
Les données concernant la distribution de la faune du sol des différents profils de sol selon les groupes zoologiques sont rassemblées dans le tableau 12 en Annexe (densités et biomasses absolues). Les figures 11 et 12 qui en ont été tirées représentent la distribution relative des différents groupes faunistiques, de façon à faciliter une analyse comparative des différentes parcelles. Il est à noter dans ces figures que la surface de chaque disque est proportionnelle à la biomasse totale de la faune du sol. Les données obtenues pour les groupes présentant un intérêt fonctionnel plus particulier ont été représentées séparément (Figure 13 pour les vers de terre, Figure 14 pour les termites).

a) Systèmes naturels

La faune du sol collectée dans la forêt secondaire d'Anguédédou a révélé de fortes densités et de fortes biomasses :

- la faune totale atteint une densité de 5400 individus.m², une valeur nettement plus élevée que celle observée dans les forêts tropicales humides de Yurimaguas (Pérou) (4000 individus.m⁻² ; Lavelle and Pashanasi 1989) ou dans la forêt secondaire de Bonampak (Mexique) (900 individus.m⁻² ; Lavelle et Kohlmann 1984). La forte densité observée dans la forêt d'Anguédédou est directement liée à l'abondance des termites (4620 individus.m⁻²) qui représentent près de 85 % du nombre d'individus présents.
- la biomasse fraîche de la faune totale atteint près de 77 g.m⁻² soit une valeur 1.5 à 4 fois plus élevée que celle enregistrée dans les sites péruviens et mexicains (24 à 54 g.m⁻² à Yurimaguas, 19 g.m⁻² au Mexique). Cette biomasse élevée est fortement liée à l'abondance de vers de terre litércoles de grande taille, qui constituent à eux seuls 55 % de la biomasse totale.

Densité (nbre individus.m-2)



Biomasse (g.m-2)

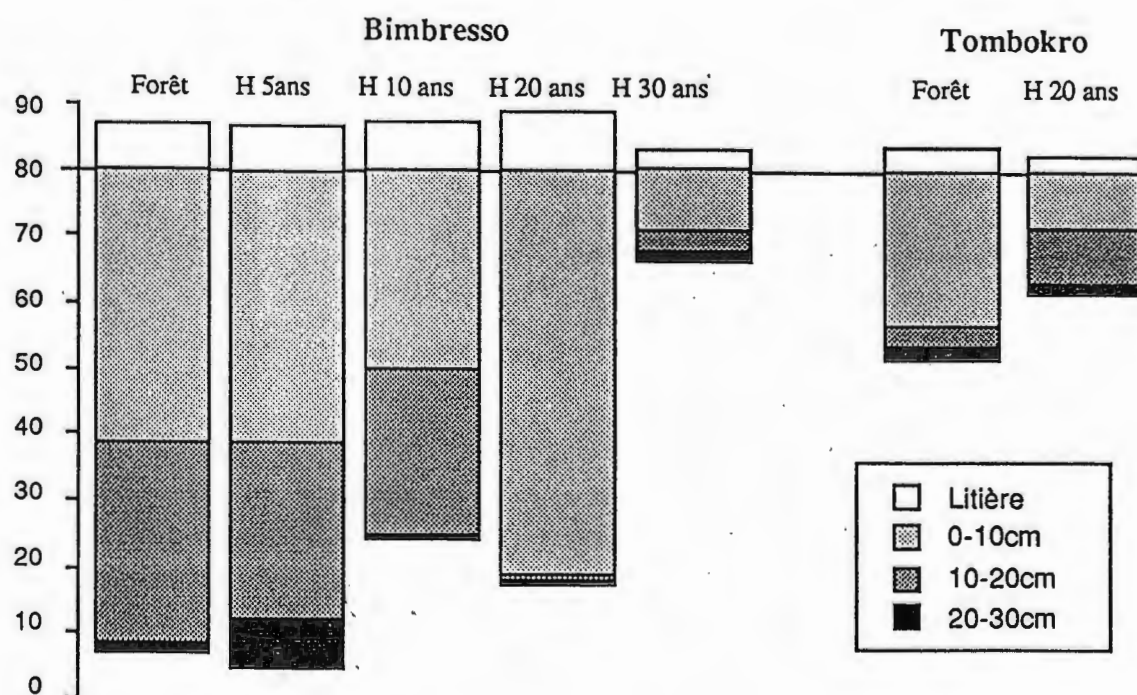


Figure 10 Distribution de la densité et de la biomasse de la faune du sol totale dans le profil de sol

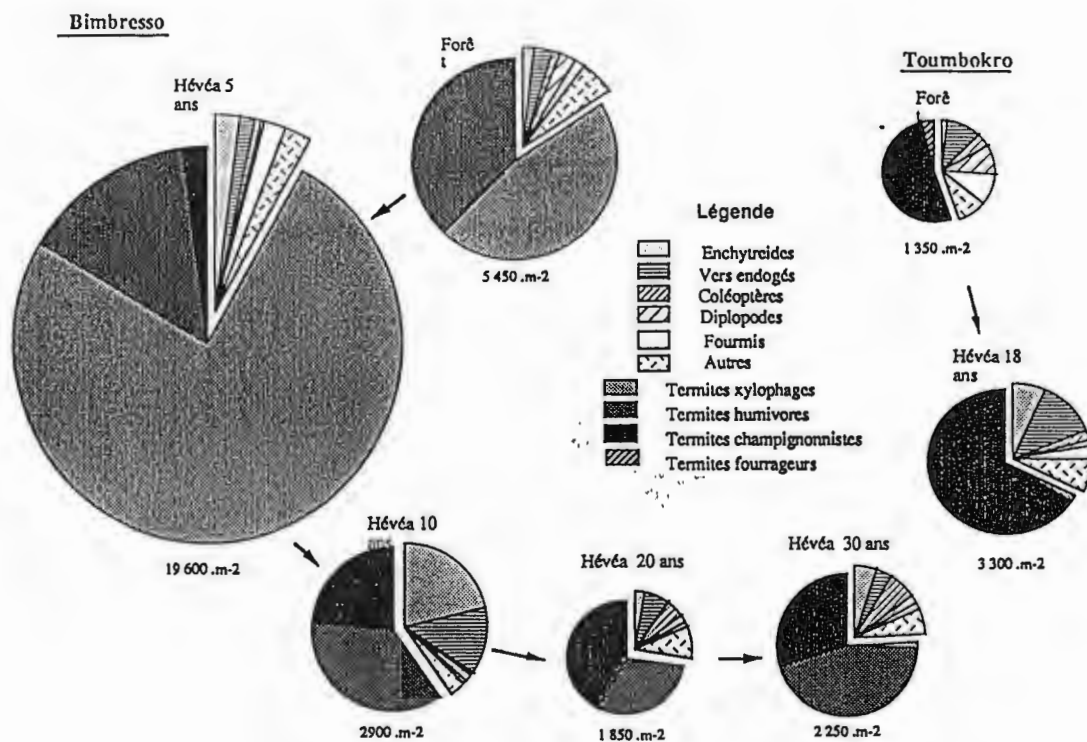


Figure 11 Distribution en densité des principaux groupes représentés

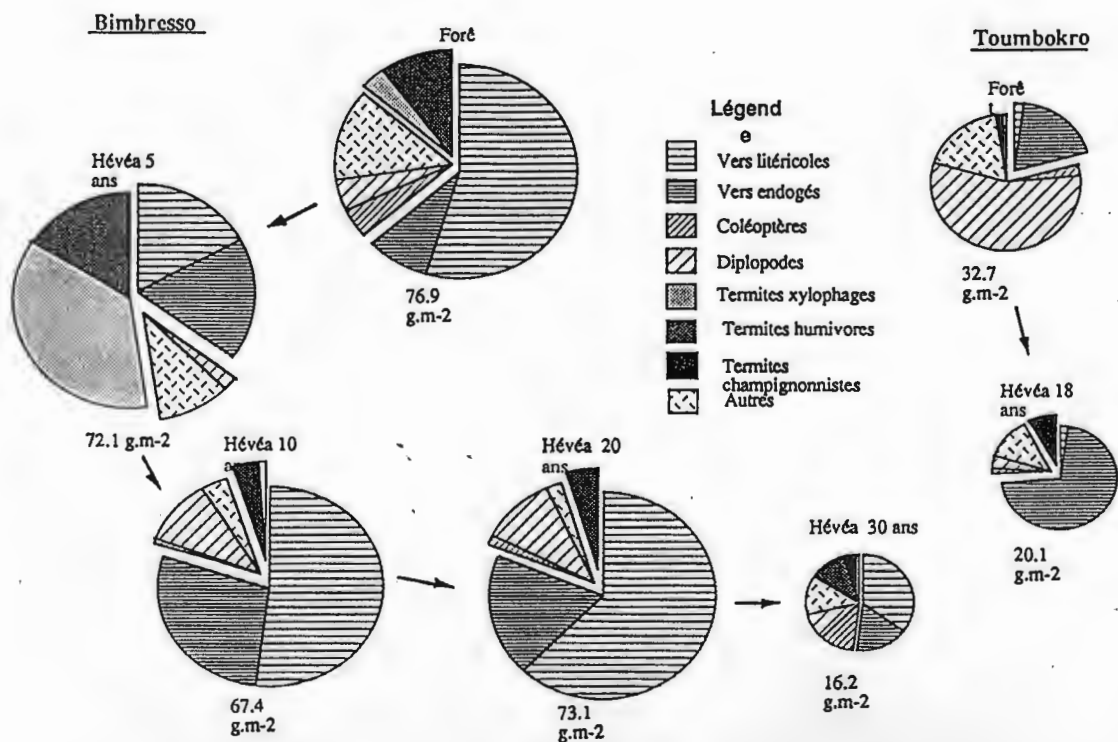


Figure 12 Distribution en biomasse des principaux groupes représentés

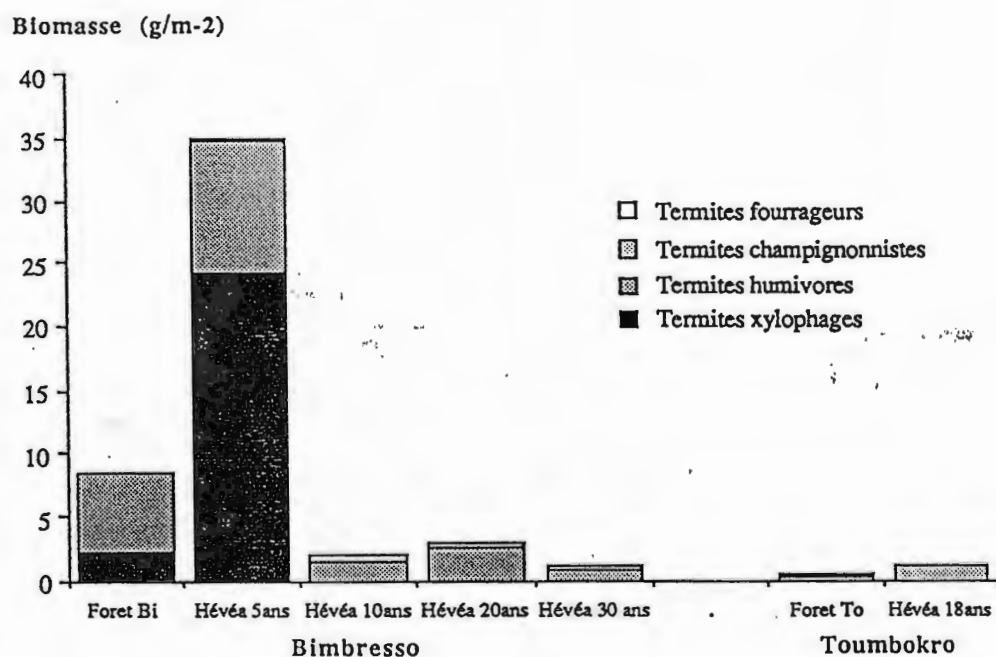


Figure 13 Composition des peuplements de termites à Anguédédou et Tombokro

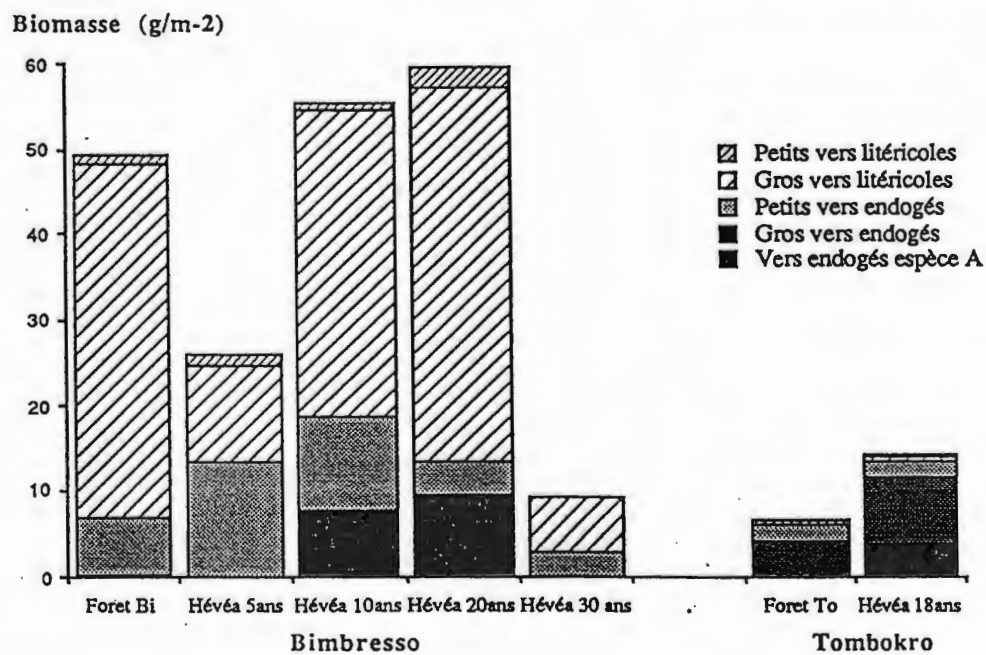


Figure 14 Composition des peuplements de vers de terre à Anguédédou et Tombokro

La faune du sol est nettement moins abondante dans la forêt secondaire de Tombokro : seuls 1350 individus ont été collectés par m^{-2} , constituant une biomasse de 33 g.m^{-2} . Le spectre spécifique est également très différent de celui observé dans la forêt d'Anguédédou : les vers litériques sont très faiblement représentés à Tombokro et le peuplement de vers de terre y est largement dominé par les espèces endogées de petite taille ($394 \text{ individus.m}^{-2}$, constituant une biomasse de 14 g.m^{-2}), notamment par l'espèce A. Les termites sont peu abondants ($653 \text{ individus.m}^{-2}$), et représentés essentiellement par des espèces champignonnistes de petite taille. Le groupe de myriapodes est par contre bien représenté ($240 \text{ individus.m}^{-2}$) et constitue une forte biomasse (19.2 g.m^{-2}), notamment à travers les diplopodes qui constituent une biomasse de 18.6 g.m^{-2} (57 % de la biomasse totale).

Dans les deux cas, la faune du sol affiche une forte diversité biologique : de nombreux groupes faunistiques sont représentés et de façon équivalente (Tableau 16). Les groupes trophiques distingués au sein des termites et des vers de terre (Tableau 17) révèlent également une assez bonne diversité : les termites se répartissent de façon équivalente entre xylophages et humivores à Anguédédou, entre champignonnistes et fourrageurs à Tombokro, alors que les vers de terre regroupent à la fois des espèces litériques et des espèces endogées dans les deux sites.

Cependant les deux systèmes affichent une forte individualité fonctionnelle : l'ensemble des données révèle que l'activité biologique est répartie à la fois dans la litière et le sol à Anguédédou, alors que l'activité biologique est localisée majoritairement à l'intérieur du sol à Tombokro. Cette différence pourrait être liée aux conditions climatiques, plus sèches à Tombokro qu'à Anguédédou, qui limite l'activité biologique au sein du système litière à Tombokro.

	Anguédédou	Tombokro
Forêt	5.17	2.76
Hévéas 5 ans	2.81	
Hévéas 10 ans	2.88	
Hévéas 20 ans	2.37	2.36
Hévéas 30 ans	5.16	

Tableau 16 Indice de diversité biologique, inspiré de l'indice de diversité spécifique de Simpson et calculé sur les biomasses.

b) Plantations d'Hévéas

Plantations âgées de 5 ans à Anguédédou

La mise en culture d'hévéas apparaît comme un élément très perturbateur pour la faune du sol : la densité totale des animaux de sol observée dans la plantation de 5 ans à Anguédédou est ainsi quatre fois plus élevée que celle observée dans la forêt d'origine. Cependant la biomasse totale observée dans cette parcelle est peu différente de celle observée dans la forêt d'origine et suggère le développement d'espèces nouvelles de petite taille.

On assiste en effet, dans la plantation de 5 ans, à une véritable explosion des peuplements de termites, dont la densité atteint $20\,000 \text{ individus.m}^{-2}$, et la biomasse

Termites	Bimbresso					Toumbokro	
	Forêt	H 05	H10	H 20	H 30	Forêt	H 18
Densité (n°.m⁻²)							
Xylophages	2.547	16 059	0	0	24	0	0
Humivores	2 069	3 093	904	611	968	0	51
Champignonnistes	5	442	598	747	637	600	2222
Fourrageurs	0	0	0	0	0	53	0
Total	4 620	19 594	1 502	1 358	1 629	653	2274
Biomasse (g.m⁻²)							
Xylophages	2,18	24,34	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
Humivores	6,37	10,35	1,62	2,70	0,83	0,00	0,07
Champignonnistes	0,00	0,19	0,51	0,37	0,36	0,50	1,25
Fourrageurs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
Total	8,55	34,88	2,13	3,07	1,23	0,64	1,32
Vers de terre	Bimbresso					Toumbokro	
	Forêt	H 05	H10	H 20	H 30	Forêt	H 18
Densité (n°.m⁻²)							
Petits litéricoles	29	15	16	10	2	21	8
Gros litéricoles	13	37	16	14	2	0	3
Petits endogés	118	290	485	115	96	80	322
Endogés A sp	3	0	0	0	0	48	70
Gros endogés	0	0	2	6	0	0	2
Total	163	341	518	146	99	149	405
Biomasse (g.m⁻²)							
Petits litéricoles	0,93	1,42	1,01	2,21	0,14	0,60	0,25
Gros litéricoles	41,46	11,15	35,74	43,82	6,05	0	0,38
Petits endogés	6,68	13,60	11,01	3,74	3,02	1,96	1,89
Endogés A sp	0,18	0	0	0	0	4,18	7,78
Gros endogés	0	0	7,78	9,67	0	0	3,90
Total	49,2	26,2	55,5	59,5	9,2	6,7	14,2

Tableau 17 Composition des communautés des termites et des vers de terre dans des plantations d'hévéas à Anguédédou et Tombokro, comparée à celle des forêts d'origine

35 g.m⁻² (48 % de la biomasse totale). Le peuplement de termites est constitué d'espèces humivores et surtout d'espèces xylophages, dont l'effectif est six fois plus élevé que dans la forêt d'origine (Tableau 17). L'abondance des termites xylophages dans les jeunes plantations est très probablement liée à la présence d'andains, constituées de troncs d'arbres abattus avant la mise en culture, laissés en place, et offrant une ressource trophique abondante à ces espèces.

Les vers de terre sont également abondants (340 individus.m⁻²) mais leur distribution de biomasse par catégorie trophique est fortement modifiée par rapport à celle observée dans la forêt d'origine : les vers litéricoles de grande taille constituant une forte biomasse dans la forêt (41.5 g.m⁻²) sont remplacés par des litéricoles de taille moyenne constituant une biomasse quatre fois plus faible (11.1 par m²) ; on observe parallèlement pour les petits vers endogés, une densité et une biomasse (290 individus.m⁻², 13.6 g.m⁻², respectivement) deux fois plus forte dans la jeune plantation d'hévéas que dans la forêt d'origine. La redistribution des vers de terre selon les catégories trophiques est probablement liée aux perturbations liées à la mise en culture : la quasi-absence de litière dans les jeunes plantations explique la forte régression des peuplements de vers litéricoles de grande taille, pour lesquels la litière constitue à la fois un habitat et une ressource trophique. Les peuplements de vers endogés, dont l'habitat et les ressources trophiques sont peu affectés par la mise en culture, quant-à-eux existent en grand nombre.

Les fourmis sont également très abondantes dans la plantation âgée de 5 ans (380 individus.m⁻²), avec une densité 4 fois plus élevée que dans la forêt d'origine.

Globalement, la diversité biologique de la jeune plantation est beaucoup plus faible que celle de la forêt d'origine, en raison de la forte prédominance des peuplements de termites. Les coléoptères (adultes et larves) et les chilopodes sont ainsi 2 à 3 fois moins abondants dans la jeune plantation que dans la forêt d'origine.

Plantations âgées de 10 ans et 20 ans à Anguédédou

Les plantations d'hévéas de 10 et 20 ans à Anguédédou présentent beaucoup moins de signes de perturbation par rapport à la forêt d'origine : bien que la densité totale de la faune du sol soit deux à trois fois plus faible dans les plantations âgées de 10 et 20 ans que dans la forêt d'origine, la biomasse totale atteint un niveau équivalent dans ces trois types de situations (environ 70.0 g.m⁻²).

Par rapport à la jeune plantation, on note, dans les plantations âgées de 10 et 20 ans, une forte régression des peuplements de termites (1450 individus.m⁻², en moyenne), qui atteignent même un niveau deux à trois fois plus faible que dans la forêt originelle. Les espèces xylophages champignonnistes prennent davantage d'importance (40 % et 50 % du peuplement termitique respectivement dans les plantations âgées de 10 et 20 ans contre 0.1 % dans la forêt originelle).

La composition des peuplements de vers de terre dans les plantations d'hévéas âgées de 10 et 20 ans est proche de celles observées dans la forêt d'origine : les vers litéricoles de grande taille constituent une forte biomasse (respectivement 36 et 43 g.m⁻²), équivalente à celle mesurée dans la forêt (42 g.m⁻²), et probablement liée à la présence d'une litière d'hévéas bien développée dans les plantations âgées. La communauté des vers de terre endogés s'enrichit quant-à-elle d'espèces de grandes tailles, constituant une biomasse non négligeable (8 à 10 g.m⁻²).

La diversité biologique observée dans les parcelles de 10 et 20 ans est globalement équivalente à celle observée dans la plantation de 5 ans, c'est-à-dire plus faible que dans la forêt originelle.

Plantations âgées de 20 ans à Tombokro

La faune du sol collectée dans la plantation d'hévéas de 18 ans située à Tombokro présente une densité totale beaucoup plus élevée que celle de la forêt d'origine (respectivement 3330 et 1350 individus.m⁻²), alors que la biomasse est nettement plus faible ; la faune du sol de la plantation d'hévéas de Tombokro est donc dominée par des espèces de petite taille. Les diplopodes de grande taille, très abondants dans la forêt d'origine, ne représentent ici plus qu'une faible densité (32 individus.m⁻²) et une très faible biomasse (0.8 g.m⁻²). Les vers endogés sont par contre très nombreux (394 individus.m⁻²) et constituent une biomasse équivalente à celle observée dans la plantation de même âge à Anguédédou (13.5 g.m⁻²) ; l'espèce A domine largement ce groupe et représente à elle seule plus de 57 % de la biomasse des vers endogés. Les termites sont largement dominés par les espèces champignonnistes.

L'indice de diversité suggère cependant que la diversité biologique est équivalent de celui calculé dans la forêt d'origine.

Comparaison des plantations âgées de 20 ans à Anguédédou et Tombokro

La faune du sol montre des caractéristiques différentes dans les plantations de Tombokro et d'Anguédédou à âge équivalent. La densité totale est presque deux fois plus élevée à Tombokro qu'à Anguédédou (3327 individus.m⁻² contre 1840 individus.m⁻²) alors que la biomasse montre le schéma inverse (20.1 g.m⁻² contre 73.1 g.m⁻²). La faune du sol de Tombokro est donc constituée d'espèces de plus petite taille qu'à Anguédédou. Cette différence résulte essentiellement de la variation de composition de la communauté de vers de terre : les vers litéricoles de grande taille prédominant à Anguédédou où ils constituent une forte biomasse (46 g.m⁻²), tandis que les vers géophages de petite taille prédominent à Tombokro et constituent une plus faible biomasse (13.6 g.m⁻²). La communauté de termites montre également des différences fonctionnelles entre les deux sites : elle est dominée par les espèces humivores et xylophages à Anguédédou, par les espèces champignonnistes à Tombokro. La rareté d'espèces litéricoles dans la plantation d'hévéas de Tombokro est liée à la faible quantité de litière disponible dans ce milieu, résultant probablement d'un recyclage extrêmement rapide lié notamment à l'intense activité des vers de terre endogés (de nombreux turricules de vers ont été observés sur la surface du sol). Les termites champignonnistes pourraient également contribuer au recyclage de litière en incorporant les résidus végétaux tombant au sol dans leur meules souterraines.

Plantations âgées de 30 ans à Anguédédou

La faune du sol de la plantation âgée de 30 ans affiche une densité totale équivalente à celle observée dans les plantations âgées de 10 et 20 ans (2250 individus.m⁻²), alors que sa biomasse totale représente moins d'un quart de celle estimée dans les parcelles plus jeunes (Tableau 1). La faune du sol est donc dominée par des animaux de petite taille (termites, petits vers endogés, larves de coléoptères).

La communauté de termites atteint un niveau équivalent à celui observé dans les plantations de 10 et 20 ans (1630 individus.m⁻²) et présente un spectre spécifique similaire, dominés par des espèces humivores et champignonnistes, ont également été recensés quelques individus d'espèces xylophages, dont l'existence est probablement liée

à la présence de bois mort au sol.

Le peuplement de vers de terre présente une distribution spécifique très différente de celle observée dans les parcelles de 10 et 20 ans. Les vers litériques sont très peu abondants (4 individus.m⁻², pour une biomasse de 6.2 g.m⁻²) tandis que les vers endogés, relativement nombreux (96 individus.m⁻²), sont seulement représentés par des espèces de petite taille et constituent une faible biomasse (3 g.m⁻²).

La diversité biologique (Tableau 16) semble cependant élevée, avec un niveau équivalent à celui observé dans la forêt d'origine (nombreux groupes faunistiques, représentés de façon équivalente).

4.2. Impact de l'activité de la faune sur la structure du sol

Afin de mettre en évidence les relations entre structure du sol et activité biologique dans les différentes parcelles considérées, des lames minces de sol ont été réalisées et analysées en microscopie optique polarisante.

4.2.1. Matériel et méthodes

Dans chaque parcelle utilisée pour l'échantillonnage de la faune du sol, un monolithe de sol de 10 cm de côté a été isolé. Le sol a été déshydraté puis inclus dans une résine polyester ; des lames minces de 30 μ m d'épaisseur ont été ensuite réalisées, ce qui permet un examen micromorphologique du sol et en particulier des agrégats et de la porosité.

4.2.2. Résultats

a) Systèmes naturels

Forêt secondaire d'Anguédédou

L'examen micromorphologique du sol de la forêt d'Anguédédou a mis en évidence une structure en nid d'abeille. Le sol est homogène, très poreux et renferme de nombreux agrégats sphériques (diamètre moyen : 5 mm) riches en matière organique et en argile ; l'organisation de ces structures (matériau argilo-organique en périphérie, matériau sableux au centre) ainsi que leur forme qui épouse celle des espaces disponibles, évoque d'anciens turricules de vers de terre géophages.

Forêt secondaire de Tombokro

L'examen micromorphologique du sol de la forêt de Tombokro a également révélé de nombreuses traces d'activité biologique. Le sol renferme de nombreux agrégats de taille proche de 1 mm et riches en matière organique. Ces structures peuvent, de façon certaine, être attribuées à une activité biologique, même s'il est parfois difficile de leur associer un groupe faunistique précis (sans doute de nombreuses boulettes fécales de diplopodes). De nombreux vides peuvent être observés, conférant au sol une densité globalement faible ; certains de ces pores (0.5 mm de diamètre et qui présentent un tassement périphérique) correspondent probablement à d'anciennes galeries de vers de terre. On peut d'ailleurs observer que certaines de ces galeries sont partiellement comblées par des déjections (turricules de vers de terre).

b) Plantations d'hévéas

Plantations d'hévéas de 5 ans à Anguédédou

L'examen micromorphologique du sol de la jeune plantation Anguédédou a montré l'existence de très nombreuses zones de concentration en matière organique et argiles (diamètre : 0.5 à 2 mm), semblables à celles observées dans le sol de la forêt d'Anguédédou. Ces structures très tassées, incluses dans un sol globalement très poreux, ne peuvent être attribuées qu'à un processus de formation d'origine biologique, et pourraient être d'anciens turricules ou d'anciennes boulettes termitiques.

Plantations d'hévéas de 10, 20 et 30 ans à Anguédédou

L'examen micromorphologique du sol des plantations âgées de 10, 20 et 30 ans d'Anguédédou a révélé une structure semblable à celle observée dans le sol de la plantation de 5 ans. Le sol renferme de nombreuses structures micro-agrégées constituées de matériaux fins, dont certaines sont dispersées dans le sol, tandis que d'autres sont situées dans d'anciens vides (diamètre 1 mm) dont elles épousent la forme. Ces structures pourraient être d'anciennes boulettes fécales de termites (pour les plus grosses), ou d'acariens (pour les plus petites : 100 μ m de diamètre).

Plantations d'hévéas de 20 ans à Tombokro

L'examen micromorphologique du sol de la plantation d'hévéas de Tombokro suggère une structure excrémentale totale. La tranche des dix premiers centimètres du sol est constituée quasi-exclusivement d'agrégats sphériques, denses et riches en matière organique, dont le diamètre oscille entre 2 et 3 mm. Ces agrégats sont sans aucun doute d'anciennes boulettes fécales, et majoritairement d'anciens turricules de vers de terre, dont certains sont intacts, et d'autres effondrés.

4.2.3. Discussion

L'examen des lames minces de sol révèle de nombreuses traces d'activité biologique dans toutes les parcelles étudiées, systèmes naturels ou plantations d'hévéas. La faune du sol, et plus particulièrement les termites, les diplopodes et les vers de terre, participe activement à la structuration physique du sol, en générant des agrégats (boulettes fécales et turricules) riches en matériaux organiques et argileux. Elle contribue d'autre part à générer la porosité du sol en créant des espaces vides (galeries). La culture de l'hévéa semble peu perturber l'activité de la faune du sol car les traces d'activité biologique (agrégats, pores) sont aussi abondantes dans les plantations d'hévéas que dans les systèmes naturels. Cependant les groupes faunistiques ayant un rôle prédominant dans la structuration du sol où la porosité du sol peuvent varier sous l'influence de la mise en culture : à Anguédédou, l'activité biologique semble être dominée par les vers de terre dans la forêt, alors qu'elle est plutôt dominée par les termites dans les plantations d'hévéas ; dans ce cas, l'intense activité des termites pourrait masquer les conséquences de l'activité des vers de terre. A Tombokro, l'activité biologique du sol est largement dominée par les vers de terre, que ce soit dans la forêt ou dans la plantation d'hévéas. Dans ce dernier cas, le sol semble même être entièrement constitué d'anciens turricules de vers de terre, ce qui indique que les conditions microclimatiques imposées au sol par la culture sont très favorables à ces animaux.

4.3. Activité biologique des sols

L'activité biologique des sols étudiés a été abordée à travers l'étude de divers paramètres ayant une signification fonctionnelle dans les phénomènes de recyclage de matière organique.

Le statut organique des sols, qui a été étudié de façon globale dans la partie 3 de ce rapport, a été abordé ici à travers un fractionnement granulométrique. De nombreuses études ont en effet montré qu'il existe une relation étroite entre la taille des particules organiques du sol et leur taux de renouvellement (Cerri *et al.* 1985 ; Balesdent *et al.* 1987, 1988 et 1990 ; Martin *et al.* 1989) :

- les fractions grossières (supérieures à 50 μm), constituées de débris végétaux identifiables, présentent un taux de renouvellement élevé (demie-vie de l'ordre de quelques années) et forment un compartiment de matière organique labile susceptible de fournir des nutriments aux plantes ;
- les fractions fines (2-50 μm) sont principalement constituées de particules organiques fortement évoluées et intimement liées aux argiles, et présentent un taux de renouvellement très faible (demie-vie de plusieurs dizaines d'années) ; elles constituent le compartiment le plus stable de la matière organique du sol, et participent à la stabilité structurale du sol ;
- les fractions très fines (0-2 μm) sont constituées de composants hétérogènes d'un point de vue fonctionnel : elles regroupent de fines particules organiques associées aux argiles et contiennent également l'essentiel de la biomasse microbienne du sol, compartiment le plus labile du sol (demie-vie de l'ordre de quelques mois). Malgré sa très petite taille (2 à 5 % du C total du sol), ce compartiment organique représente un élément clé du sol par lequel passe un important flux de nutriments.
- l'activité métabolique des sols a été appréhendée à travers leur potentialité minéralisatrice du C et de l'azote ; ce paramètre a été estimé au cours d'expériences d'incubation en conditions contrôlées, permettant de mesurer l'activité respiratoire des sols, conjointement leur production d'azote minéral sous forme d'ammonium.

4.3.1. Statut organique du sol

Matériel et méthodes

La matière organique du sol a été fractionnée selon une méthode décrite par Martin *et al.* 1989 : 50 g de sol ont été mélangés à 200 ml d'eau puis désagrégés par application d'ultrasons jusqu'à dispersion complète des agrégats (30 min). Les fractions granulométriques du sol ont été séparées par tamisage sous l'eau à l'aide de tamis de maille 250 μm , 100 μm , 50 μm et 20 μm . Les fractions 0-2 μm ont été séparées par sédimentation. Pour les fractions supérieures à 100 μm , une séparation des fractions organiques et des fractions minérales (sables) a ensuite été effectuée. Les différentes fractions ainsi obtenues ont ensuite été séchées et pesées. La teneur en C et N des fractions a été déterminée par CHN (Carlo Erba) ; la teneur en carbonates des sols étant très faible, la mesure de C total obtenue par cette méthode est assimilée à une mesure

de C organique total. Une seule mesure a été effectuée pour chaque échantillon ; la précision sur les teneurs en C et N des fractions est de l'ordre de 5 %.

Résultats

Distribution de C entre les fractions dans les systèmes naturels (Tableau 18 et Figure 15) :

Dans les parcelles de forêt d'Anguédédou et de Tombokro, les débris végétaux non décomposés (fractions grossières $> 50 \mu\text{m}$) sont abondants (2.5 à $2.9 \text{ mg C.g}^{-1} \text{ sol}$) et représentent une part importante du C du sol, notamment dans l'horizon $0-10 \text{ cm}$ où ils représentent 35 % du C total du sol à Anguédédou, et 20 % à Tombokro (Figure 7). Elles sont réparties, dans les deux cas, de façon équivalente entre les fractions $250-200 \mu\text{m}$ et $50-250 \mu\text{m}$. Dans l'horizon sous-jacent ($10-25 \text{ cm}$), ces fractions perdent cependant de l'importance : elles ne représentent plus que 23 % du C total du sol à Anguédédou et 12 % à Tombokro.

Les fractions très fines sont peu représentées dans le sol d'Anguédédou ($2.43 \text{ mg C.g}^{-1} \text{ sol}$ 16 % du C total dans l'horizon $0-25 \text{ cm}$), alors qu'elles sont deux fois plus abondantes dans le sol de Tombokro (5.28 mg C.g^{-1} soit 27 % du C total).

Dans les deux cas, les fractions intermédiaires ($2-50 \mu\text{m}$) constituent le réservoir principal de matière organique du sol. Ce trait est plus marqué dans l'horizon profond $10-25 \text{ cm}$, en raison de sa plus grande pauvreté en débris végétaux grossiers : la fraction $2-50 \mu\text{m}$ y constitue 57 % du C total du sol à Anguédédou, 60 % à Tombokro.

Distribution de C entre les fractions dans les plantations d'hévéas :

Les jeunes plantations d'hévéas d'Anguédédou (5 et 10 ans) sont caractérisées, par rapport aux sites d'origine, par une forte réduction des fractions organiques grossières ($> 250 \mu\text{m}$) : cette tendance est particulièrement marquée dans l'horizon $0-10 \text{ cm}$ où les débris végétaux supérieurs à $250 \mu\text{m}$ ne constituent plus que 1.36 , $0.60 \text{ mg C.g}^{-1} \text{ sol}$ dans la forêt d'origine. La fraction $50-250 \mu\text{m}$ suit la même tendance, sauf dans la plantation la plus récente, où elle atteint dans les plantations de 5 et 10 ans un niveau équivalent à celui observé dans la forêt d'origine. Dans les plantations plus anciennes (30 ans à Anguédédou et 20 ans à Tombokro), ce compartiment organique $250-200 \mu\text{m}$ atteint un niveau proche de celui observé dans les sites d'origine respectifs avec des valeurs qui atteignent 2.30 et $2.52 \text{ mg C.g}^{-1} \text{ sol}$, respectivement, dans l'horizon $0-10 \text{ cm}$.

Les fractions organiques très fines ($0-2 \mu\text{m}$) contenues dans la strate $0-10 \text{ cm}$ du sol affichent également une forte réduction dans les plantations d'hévéas d'Anguédédou par rapport à la forêt d'origine : dans ce site, l'horizon $0-10 \text{ cm}$ du sol contient en moyenne moins de 38 % de fractions organiques très fines dans les plantations d'hévéas que dans la forêt d'origine. Cette différence s'estompe dans l'horizon $10-25 \text{ cm}$, où les fractions $0-2 \mu\text{m}$ affichent des valeurs similaires dans toutes les parcelles. A Tombokro, par contre, les fractions fines $0-2 \mu\text{m}$ affichent des niveaux équivalents dans les strates $0-10 \text{ cm}$ de la forêt d'origine et de la plantation d'hévéas âgée de 20 ans.

Les fractions intermédiaires ($2-50 \mu\text{m}$) affichent, quant-à-elles, dans l'horizon $0-10 \text{ cm}$, des valeurs proches de celles observées dans le site d'origine pour les plantations âgées de 10 et 20 ans à Anguédédou (7.11 et $6.71 \text{ mg C.g}^{-1} \text{ sol}$, respectivement), et des

CARBONE

		Bimbresso					Tombokro	
Fraction		Forêt	Hévéas 5ans	Hévéas 10 ans	Hévéas 20 ans	Hévéas 30 ans	Forêt	Hévéas 20 ans
0-10cm	250-2000µm	2.89	1.36	0.61	1.58	2.32	2.50	2.52
	50-250µm	2.41	2.79	1.00	1.20	3.10	2.85	0.79
	2-50µm	4.05	2.54	2.49	3.00	3.01	7.71	1.26
	0-2µm	5.66	4.27	6.10	5.53	3.77	6.57	5.78
	Total	15.01	10.96	10.20	11.31	12.20	19.63	10.35
10-25cm	250-2000µm	1.62	0.61	1.53	0.15	0.46	0.62	0.19
	50-250µm	0.24	0.70	0.20	0.48	0.28	0.64	0.36
	2-50µm	1.50	1.94	1.23	1.32	1.45	3.76	1.18
	0-2µm	3.74	5.52	5.72	4.82	5.44	5.32	2.90
	Total	7.10	8.77	8.68	6.77	7.63	10.34	4.73

AZOTE

		Bimbresso					Tombokro	
	Fraction	Forêt	Hévéas Sans	Hévéas 10 ans	Hévéas 20 ans	Hévéas 30 ans	Forêt	Hévéas 20 ans
0-10cm	250-2000µm	0.147	0.068	0.028	0.064	0.110	0.149	0.111
	50-250µm	0.153	0.198	0.063	0.073	0.240	0.229	0.037
	2-50µm	0.272	0.187	0.168	0.210	0.230	0.604	0.088
	0-2µm	0.461	0.378	0.491	0.463	0.630	0.664	0.597
	Total	1.033	0.831	0.750	0.810	0.940	1.646	0.830
10-25cm	250-2000µm	0.080	0.011	0.020	0.005	0.010	0.021	0.006
	50-250µm	0.013	0.035	0.005	0.025	0.006	0.026	0.040
	2-50µm	0.099	0.129	0.066	0.095	0.089	0.238	0.114
	0-2µm	0.301	0.427	0.427	0.392	0.420	0.509	0.384
	Total	0.493	0.602	0.518	0.517	0.525	0.791	0.544

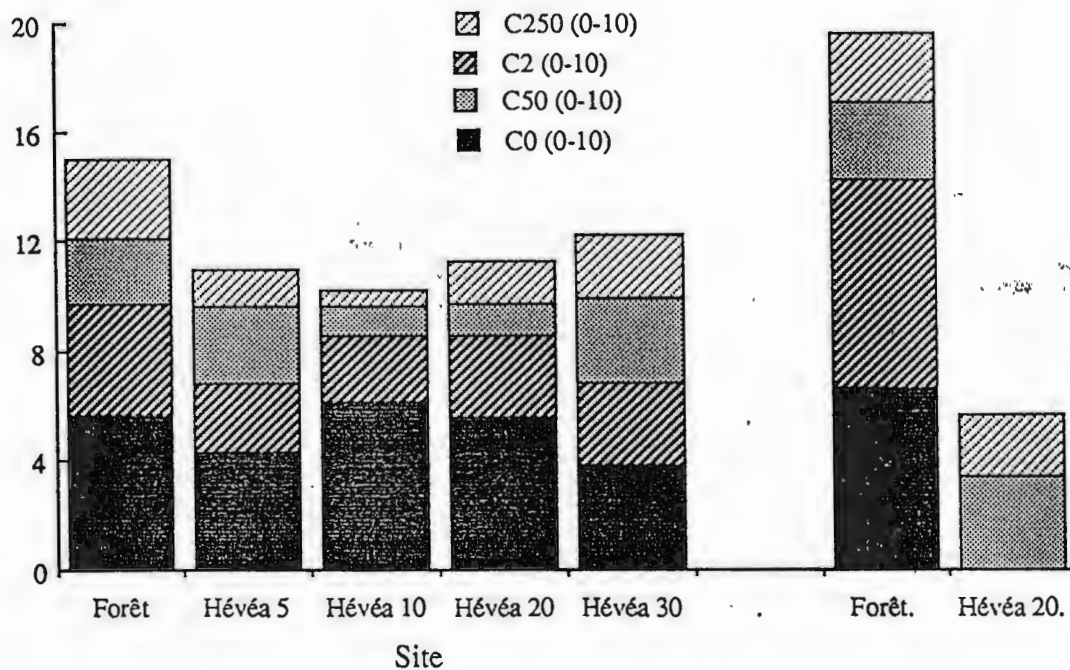
C/N

		Bimbresso					Tombokro	
	Fraction	Forêt	Hévéas 5ans	Hévéas 10 ans	Hévéas 20 ans	Hévéas 30 ans	Forêt	Hévéas 20 ans
0-10cm	250-2000µm	19.6	20.0	21.4	24.6	21.4	16.8	22.9
	50-250µm	15.8	14.1	15.9	16.4	12.9	12.4	21.4
	2-50µm	14.9	13.6	14.8	14.3	13.1	12.8	14.3
	0-2µm	12.3	11.3	12.4	11.9	10.5	9.9	9.7
	Total	14.5	13.2	13.6	14.0	13.1	11.9	12.4
10-25cm	250-2000µm	20.0	57.0	75.0	32.8	48.4	29.5	31.7
	50-250µm	18.5	20.0	40.0	19.2	46.7	24.6	9.0
	2-50µm	15.2	15.0	18.6	13.9	16.3	15.8	10.4
	0-2µm	12.4	12.9	13.4	12.3	13.0	10.5	7.6
	Total	13.2	14.6	16.8	13.1	14.5	13.1	

Tableau 18

Distribution du C et de l'azote du sol entre les fractions granulométriques de la matière organique du sol

mgC/g sol



mgC/g sol

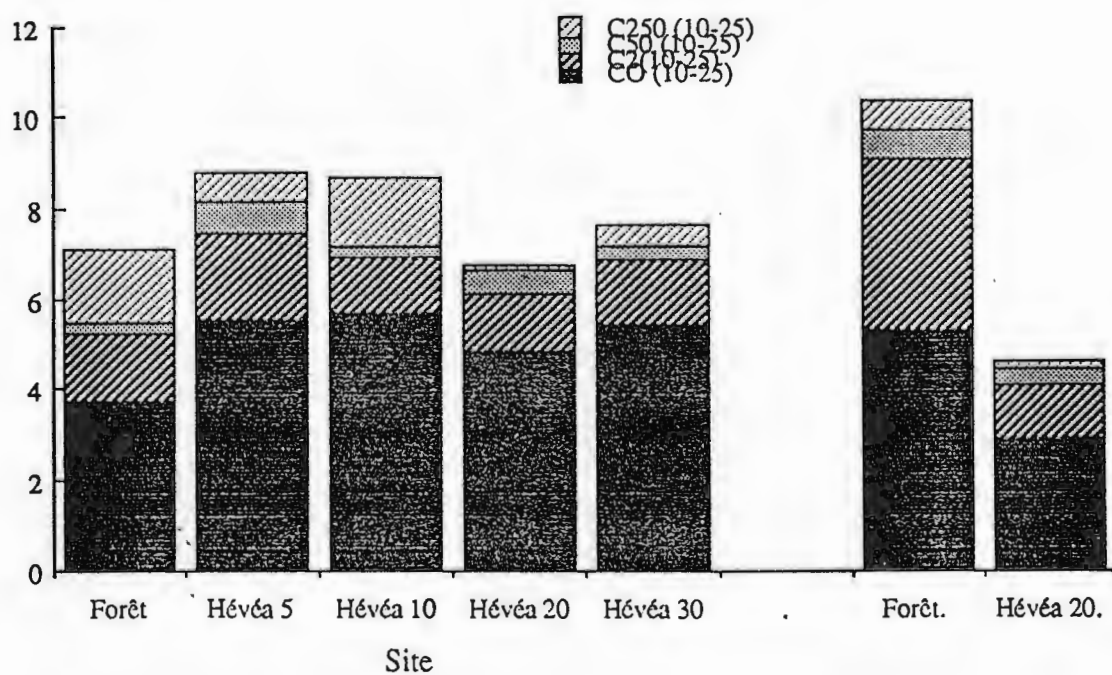


Figure 15 Distribution du carbone entre les fractions granulométriques

valeurs significativement plus faibles pour les autres parcelles, âgées de 5 et 30 ans à Anguédédou (5.50 et 5.41 mg C.g⁻¹ sol, respectivement) et celle âgée de 20 ans à Tombokro (1.26 mg C.g⁻¹ sol).

Discussion

Les jeunes plantations d'hévéas montrent une forte réduction du compartiment labile du C du sol par rapport aux parcelles forestières d'origine. Ce processus s'exprime essentiellement dans les fractions organiques grossières, constituées de débris végétaux peu décomposés. De telles réductions de l'importance quantitative des fractions organiques grossières après la mise en culture ont été fréquemment observées dans des contextes culturels et climatiques variés et constitue un phénomène résultant directement de la mise en culture, qui favorise la minéralisation de la matière organique labile du sol. Dans les jeunes plantations, l'apport de débris végétaux sous forme de feuilles mortes ou de racines fines par les plants d'hévéas ne suffit pas à compenser la perte par minéralisation des débris végétaux accumulés dans le sol pendant l'épisode forestier.

Dans les plantations âgées de 20 ans et plus, le compartiment labile du C du sol affiche un niveau équivalent à celui observé dans les forêts de référence ; ceci suggère que l'important apport de feuilles mortes et de racines dans les plantations vieillissantes permettrait de reconstituer le compartiment labile originel de la matière organique du sol. Parallèlement, ces parcelles montrent, par rapport aux parcelles forestières originelles, une forte réduction du compartiment organique associé aux limons. La mise en culture d'hévéas pourrait engendrer la minéralisation d'une partie importante du compartiment organique stable du sol, phénomène apparaissant uniquement dans les plantations âgées, en raison de la faible vitesse de renouvellement de ces fractions.

Les fractions fines de la matière organique du sol, renfermant notamment la biomasse microbienne à caractère labile, n'affichent une réduction significative que dans les plantations d'hévéas à Anguédédou, dont les sols possèdent un caractère plus argileux qu'à Tombokro. Le potentiel de minéralisation des fractions fines de la MOS, révélé par la mise en culture, semble donc corrélé positivement au niveau originel de ces fractions.

4.3.2. *Activité métabolique du sol*

Matériel et méthodes

L'activité minéralisatrice des sols a été mesurée selon la méthode macrorespirométrique décrite par Dommergues (1962) : 15 g de sol sec sont portés à humidité équivalente à la capacité au champ par addition d'eau pure et déposés dans un flacon plastique à fermeture hermétique. Un pilulier contenant 5 ml de soude 0.2 N, et destiné à piéger le CO₂ libéré par respiration microbienne, est ensuite déposé dans le flacon ; celui-ci est alors fermé hermétiquement et incubé à température constante (28° C). Tous les trois ou quatre jours, le flacon est ouvert et aéré ; le pilulier contenant la soude est prélevé et remplacé par un nouveau pilulier contenant 5 ml de soude 0.2 N.

La normalité de la soude contenue dans le piège à la fin de chaque période d'incubation est mesurée par dosage acide-base avec HCl à 0.1 N, en présence de thymolphaléine.

Des dispositifs semblables mais ne contenant pas de sol sont également mis en place à chaque série d'expériences afin d'obtenir des "blancs" permettant d'estimer la variation de normalité de la soude résultant de la dissolution du CO_2 contenu dans le flacon d'incubation, en absence de sol.

Les volumes d'HCl qui ont été nécessaires pour neutraliser la soude contenue dans les pièges, permettent d'estimer avec une précision de l'ordre de 5 % la quantité de C dégagés sous forme de CO_2 par le sol pendant la période d'incubation, par la formule : $Q_c \cdot \text{CO}_2 = 0.6 (V_1 - V_2)$ où V_1 = volume d'HCl utilisé pour neutraliser la soude du "blanc", et V_2 = volume d'HCl utilisé pour neutraliser la soude du bocal contenant le sol. Les résultats obtenus pour les périodes d'incubation successives sont cumulés de façon à obtenir un taux de neutralisation sur 17 jours (exprimé en $\mu\text{g C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ sol} \cdot (17 \text{ jours})^{-1}$).

Après la dernière mesure respirométrique effectuée au 17ème jour d'incubation, l'azote minéral du sol est extrait dans 30 ml de solution de KCl à 1M. Après agitation (30 mn), la suspension est filtrée et sa teneur en ammonium est mesurée grâce à une électrode à NH_4^+ reliée à un ionomètre préalablement étalonné par des solutions standards d'ammonium. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{g N-NH}_4^+ \cdot \text{g}^{-1} \text{ sol} \cdot (17 \text{ jours})^{-1}$.

Trois répétitions ont été effectuées pour échantillon de sol ; les valeurs moyennes et les écarts-types calculés ont permis de réaliser des tests de comparaison de moyenne (test-t, $P=0.05$).

Résultats et discussion

Systèmes naturels :

L'activité respiratoire de l'horizon superficiel des sols de forêt est semblable dans les deux sites étudiés (Anguédédou et Tombokro), Figure 16 ; les valeurs calculées ici (182 à 186 $\mu\text{g C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ sol} \cdot (17 \text{ jours})^{-1}$) sont d'ailleurs assez proches de celles calculées par la même méthode dans un sol de forêt secondaire en Côte d'Ivoire (Lamto) (221 $\mu\text{g C-CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ sol} \cdot (17 \text{ jours})^{-1}$). L'activité respiratoire du sol diminue progressivement avec la profondeur, la valeur mesurée dans les horizons 10-25 cm et 25-40 cm étant respectivement proche des deux-tiers et du tiers de celle mesurée dans la strate la plus superficielle.

La production d'ammonium suit un schéma similaire avec une très rapide décroissance des valeurs de la strate 10-25 cm puis une relative stabilisation dans les horizons plus profonds (Figure 17). L'activité minéralisatrice d'azote apparaît plus forte à Tombokro qu'à Anguédédou, avec des valeurs de production d'ammonium plus élevées sur l'ensemble du profil de sol.

Plantations d'hévéas :

L'activité respiratoire des sols sous hévéas semble dépendre fortement de l'âge de la plantation : dans les plantations âgées d'au moins dix années, l'activité respiratoire du sol est toujours plus faible que celle mesurée en forêt, quelque soit la strate de sol considérée. A l'opposé, la jeune plantation âgée de cinq ans révèle une activité respiratoire du sol nettement plus élevée que celle mesurée dans la forêt d'origine, et ce sur l'ensemble du profil de sol.

La production d'ammonium par le sol suit un schéma assez différent de celui observé

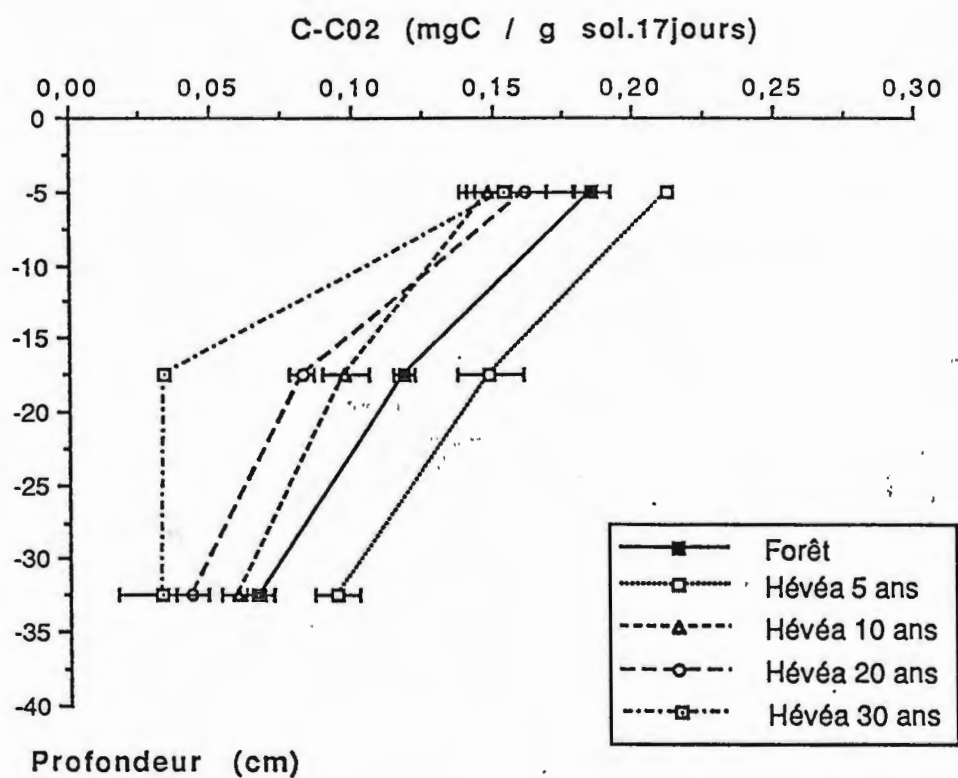


Figure 16a Activité respiratoire comparée des sols des parcelles d'Anguédédou

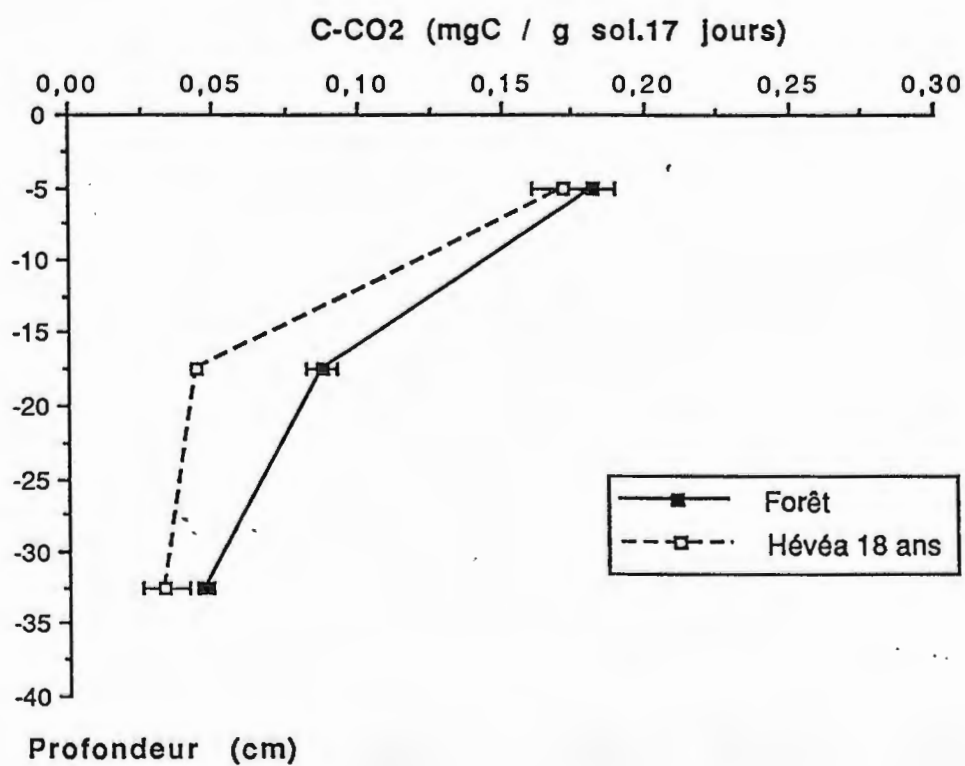


Figure 16b Activité respiratoire comparée des sols des parcelles de Tombokro

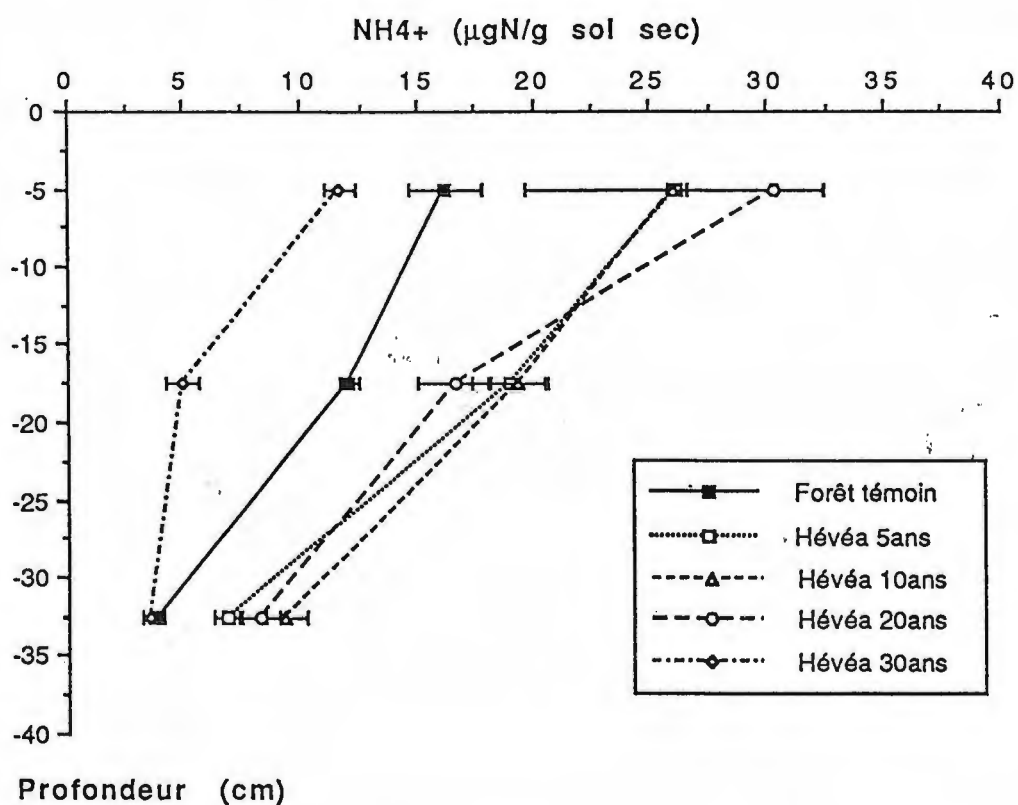


Figure 17a Activité minéralisatrice des sols d'Anguédédou

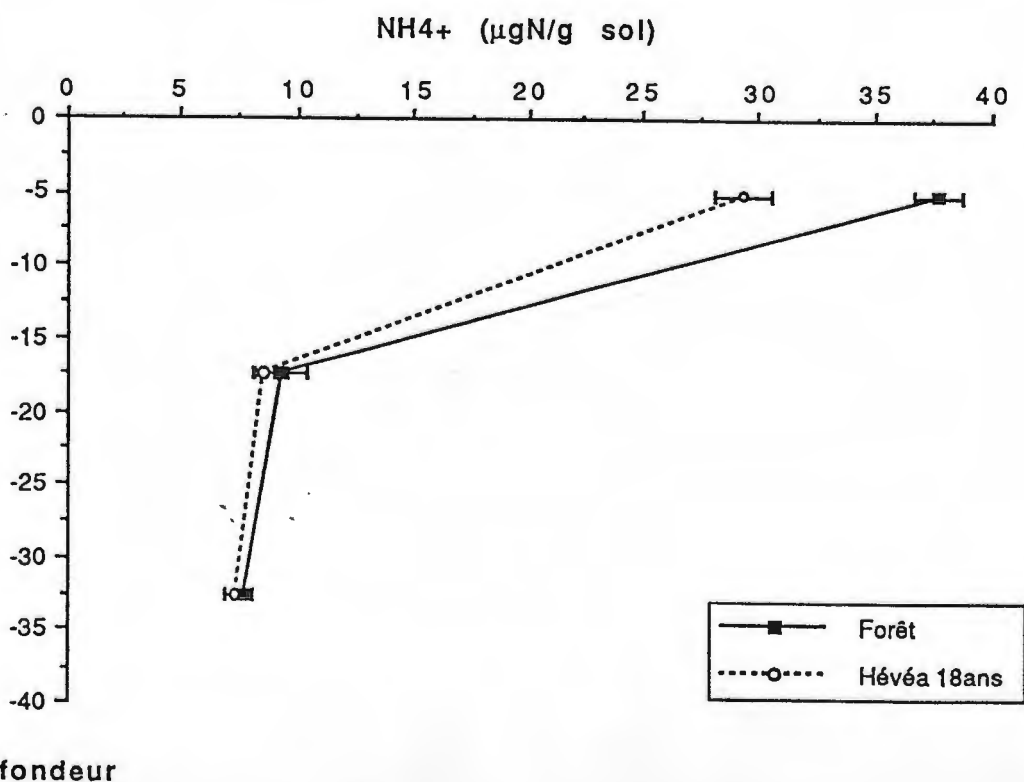


Figure 17b Activité minéralisatrice des sols de Tombokro

pour la production de CO_2 . Aucune différence notable n'apparaît entre la jeune plantation de 5 ans et les plantations âgées de 10 et 20 ans à Anguédédou, quelle que soit la strate de sol envisagée. Dans ces trois parcelles, la production d'ammonium est proche de celle observée en forêt, sauf dans l'horizon 10-25 cm, où ce paramètre est en moyenne trois fois plus élevé que dans la forêt d'origine. Seule la parcelle d'hévéas d'Anguédédou âgée de 30 ans présente sur l'ensemble du profil des valeurs nettement plus faibles que celles de la forêt ; la production d'ammonium par le sol y est également en moyenne trois fois plus faible que dans les autres plantations d'hévéas.

A Tombokro, la plantation d'hévéas âgée de 20 ans présente une activité minéralisatrice proche de celle observée dans la forêt d'origine, sauf dans l'horizon le plus superficiel (0-10 cm), où elle est d'environ 25% plus faible qu'une forêt.

4.4. Evolution au cours du temps de la litière de feuilles d'hévéas

48 litterbags (sacs à litière) ont été installés le 26 avril (après défoliation des arbres) à raison de 24 sacs sous couvert d'hévéas de 5 ans et de 24 autres sacs sous couvert de 30 ans d'âge. Les sacs servent à apprécier la vitesse de décomposition de la litière. Une quantité connue des feuilles mortes d'hévéas correspondant à l'entrée normale de cette ressource par unité de surface a été introduite dans chaque sac : soit 7,9 grammes de matière sèche par sac pour la parcelle de 5 ans et 7,3 g par sac pour celle de 30 ans. A intervalles réguliers, on détermine le poids sec des feuilles non décomposées. Les résultats obtenus au bout de 16 semaines sont présentés au tableau 19 et sur la figure 18. Il ressort que la diminution de poids relativement comparable entre les deux situations devient sensible à partir de la 8ème semaine après la mise en place des sacs et très significative à partir de la 16ème semaine. Toutefois on observe une plus forte pente d'évolution dans le cas de la parcelle de 30 ans. Pour la parcelle de 5 ans, on note une décomposition rapide la première semaine, un ralentissement de la vitesse d'évolution, puis une décomposition à nouveau rapide à partir de la 16ème semaine.

Semaines	5 ans	(%)	30 ans	(%)
0	7,9	(100)	7,3	(100)
1	7,1	(90)	6,9	(95)
2	7,0	(89)	6,5	(89)
4	6,9	(87)	5,8	(80)
8	5,8	(73)	4,5	(62)
16	2,1	(27)	2,1	(29)

Tableau 19 Evolution de la litière de feuilles d'hévéas en fonction du temps (site d'Anguédédou)

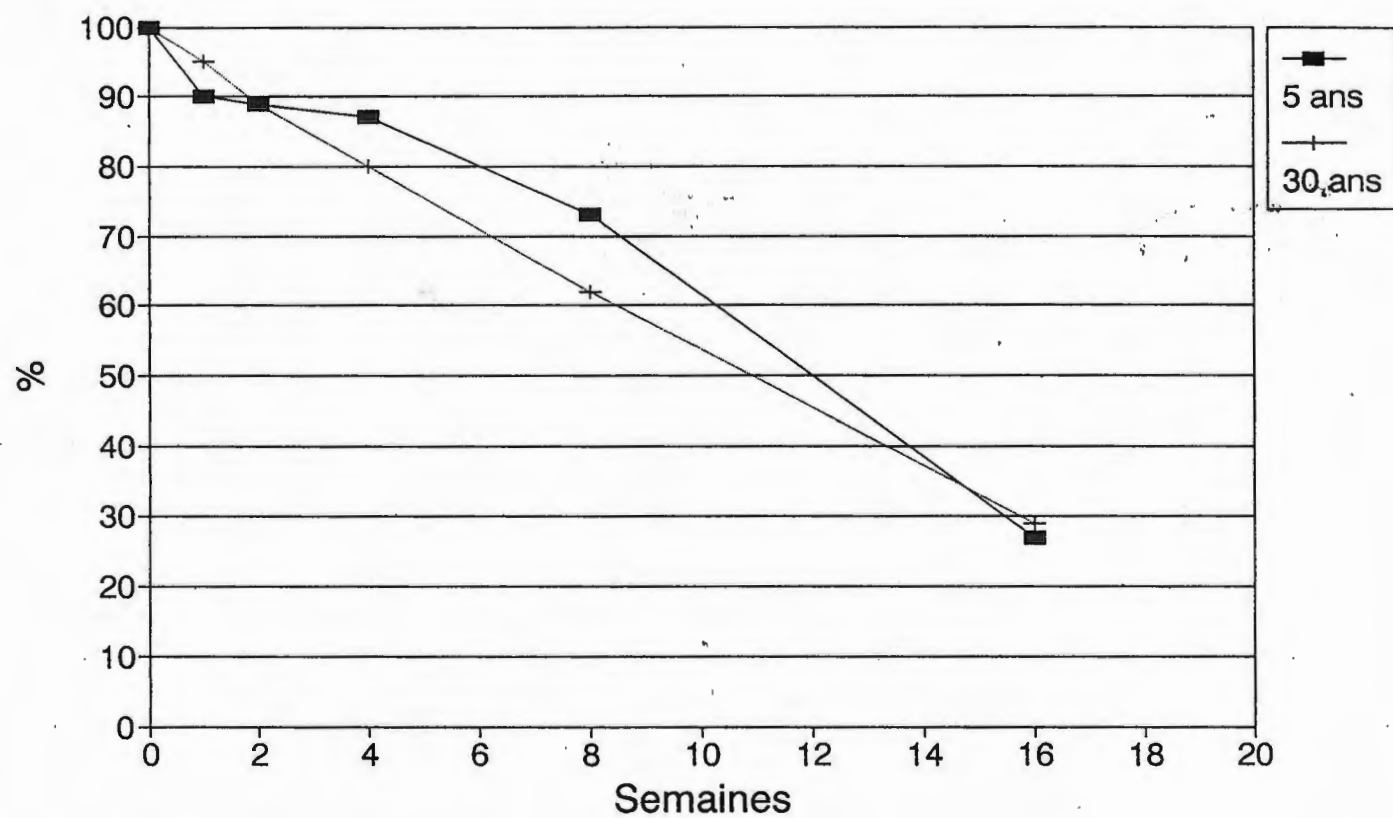


Figure 18 Décomposition de la litière

5. CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

5.1. Profil racinaire

5.1.1. Densité racinaire

La méthode utilisée (grille d'observation des racines) consiste à creuser dans le sol, une fosse pour dégager une paroi verticale au milieu de l'interligne des hévéas. On aplanit cette paroi et on dégage la terre sur quelques millimètres à l'aide d'un couteau pour faciliter l'observation visuelle des sections de racines (Chopart, 1989). Puis on applique sur la paroi, une grille à mailles carrées de 5 cm de côté. On compte le nombre de racines à l'intérieur de chacune des mailles, depuis la surface jusqu'à 50 cm de profondeur dans le cas de notre étude car ce sont les propriétés de cette couche qui nous intéressent. La méthode proposée est une adaptation de celles décrites par Bohm (1979) et Tardieu Manichon (1986). 4 profils ont ainsi été réalisés par situation (1 profil par répétition) pour les parcelles d'hévéas. Pour la forêt seulement 1 profil a été réalisé.

Trois types de racines ont été identifiées :

- les racines de petit diamètre (0,1 à 1,5 mm)
- les racines de diamètre moyen (1,6 à 7 mm)
- les racines de grand diamètre (> 7 mm).

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 20. Pour le site d'Anguédédou, la colonisation racinaire est d'autant plus forte que la parcelle est âgée. Ainsi les parcelles de 20 et 30 ans sont comparables et statistiquement supérieures à celles de 5 et 10 ans pour les petites racines. Pour les racines de diamètre moyen seule la parcelle d'hévéa de 30 ans d'âge est significativement supérieure aux autres.

Des valeurs très faibles sont observées pour les racines de grand diamètre dans cette couche. Par ailleurs, pour les racines de petit diamètre, la forêt présente des valeurs plus élevées que les parcelles d'hévéas.

SITE	CULTURE	RACINES		
		petit diamètre	diamètre moyen	grand diamètre
FORET	hévéas 5 ans	2,42 b	0,10 b	0,00
	10 ans	2,82 b	0,08 b	0,00
	20 ans	4,87 a	0,22 ab	0,01
	30 ans	5,02 a	0,30 a	0,02
	Forêt	5,68	0,02	0,01
SAVANE	hévéas 18 ans	5,6	0,26	0,10
	Forêt	9,2	0,40	0,05

Tableau 20 Nombre de racines/maille (horizon 0-50 cm)

Concernant le site de Tombokro, la colonisation racinaire est relativement comparable à celle qu'on observe sur la parcelle de 20 ans d'Anguédédou bien que les clones soient différents, ce qui laisse augurer une faible influence de la partie aérienne sur le comportement racinaire. Par ailleurs une plus forte colonisation racinaire est observée sous forêt en ce qui concerne les racines à faible diamètre, ce qui rejoint les observations sur site d'Anguédédou.

5.1.2. Front racinaire en fonction de la profondeur

Les évolutions observées sont consignées dans le tableau 13 en Annexe et sur les figures 19 à 22 suivantes.

Si pour les petites racines on note une diminution de la densité racinaire avec la profondeur pour les racines de diamètre moyen, les variations apparaissent très irrégulières et ne permettent pas d'en dégager la tendance générale.

5.2. Production

Compte-tenu de la diversité clonale des parcelles étudiées, de l'âge très avancé de certains lots et des peuplements diversement denses de ces lots, il ne nous a pas paru pertinent de donner des chiffres de croissance et de diagnostic foliaire. Néanmoins, nous avons indiqué dans le tableau 21 qui suit quelques données de production.

Age culture	Clone	Système saignée *	Densité peuplement a/ha	kg/ha	kg/a/an
5 ans	GT 1	non saigné	-	-	-
10 ans	PB 235	1/2S d/4	317	1364	4,50
20 ans	IR 22	1/2S d/4	166	1038	6,25
30 ans	PB 86	1/2S d/3	225	993	4,42

Tableau 21 Caractéristiques agronomiques

* 1/2S d/3 ou d/4 : demi-spirale saignée tous les 3 ou 4 jours et stimulée

A Tombokro, les arbres sont en arrêt de saignée.

La production de l'hévéa dépend beaucoup plus du clone, du système de saignée et de la stimulation que des conditions de fertilité du sol. La production n'est donc pas un indice de fertilité.

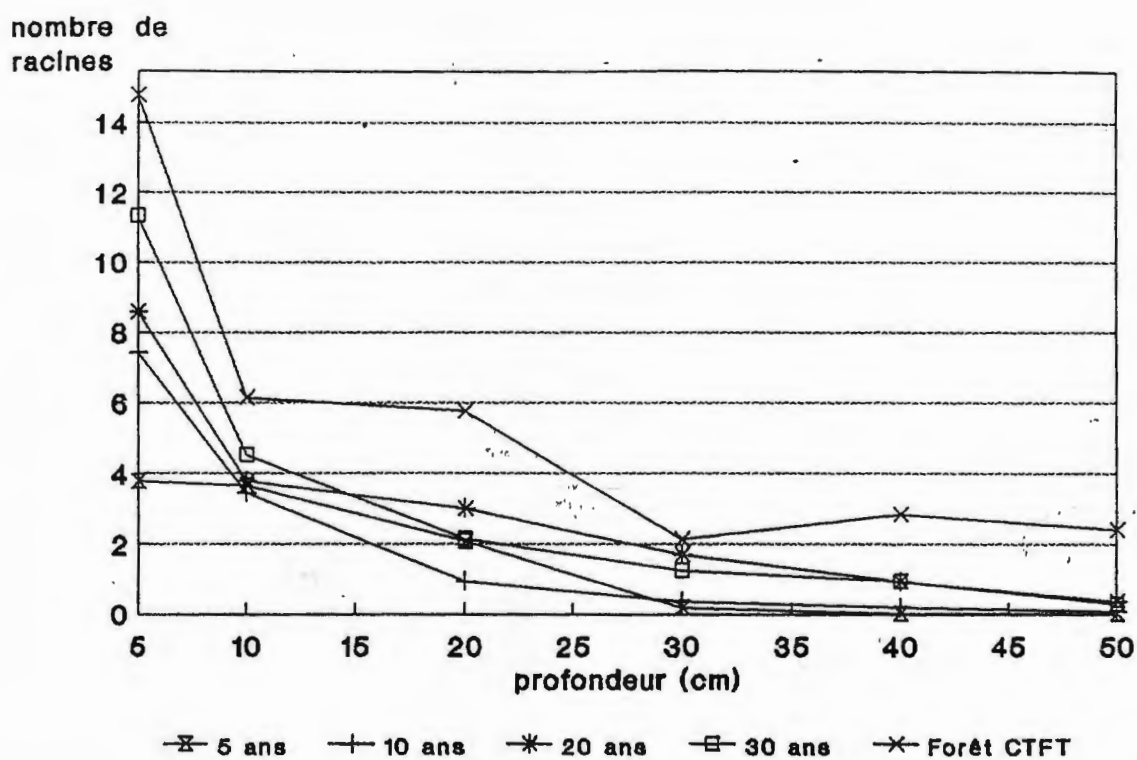


Figure 19 Evolution de petites racines par maille en fonction de la profondeur (site d'Anguédédou)

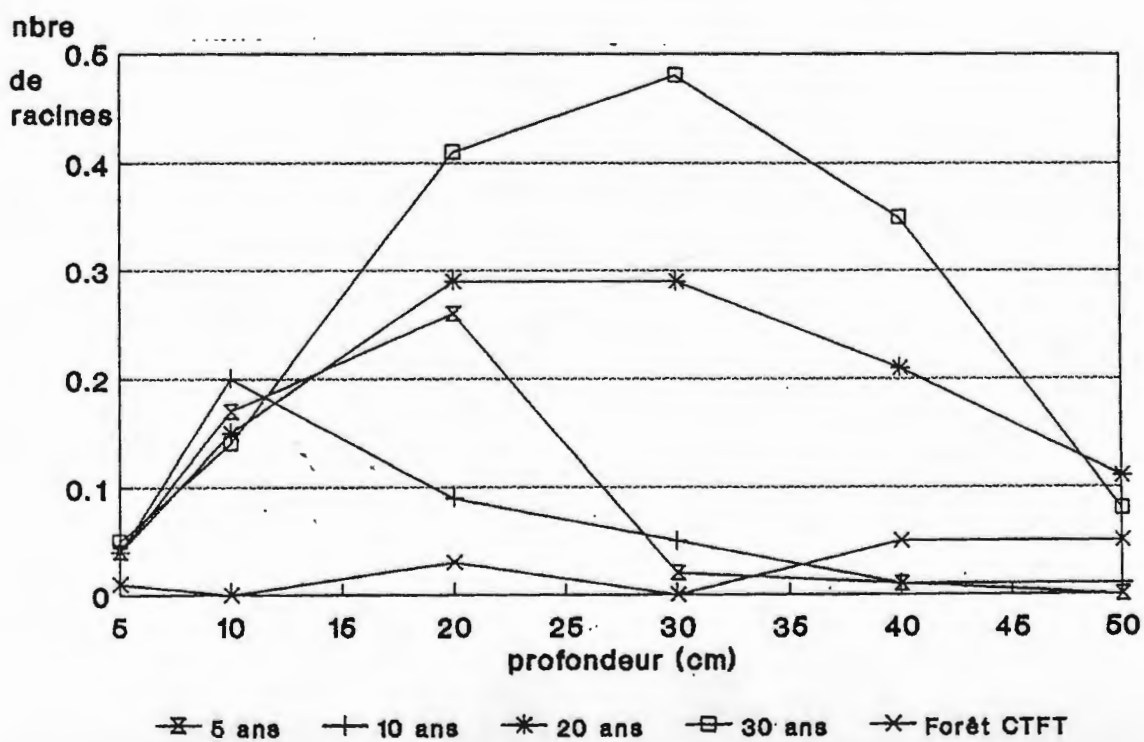


Figure 20 Evolution du nombre de racines de diamètre moyen par maille en fonction de la profondeur (site d'Anguédédou)

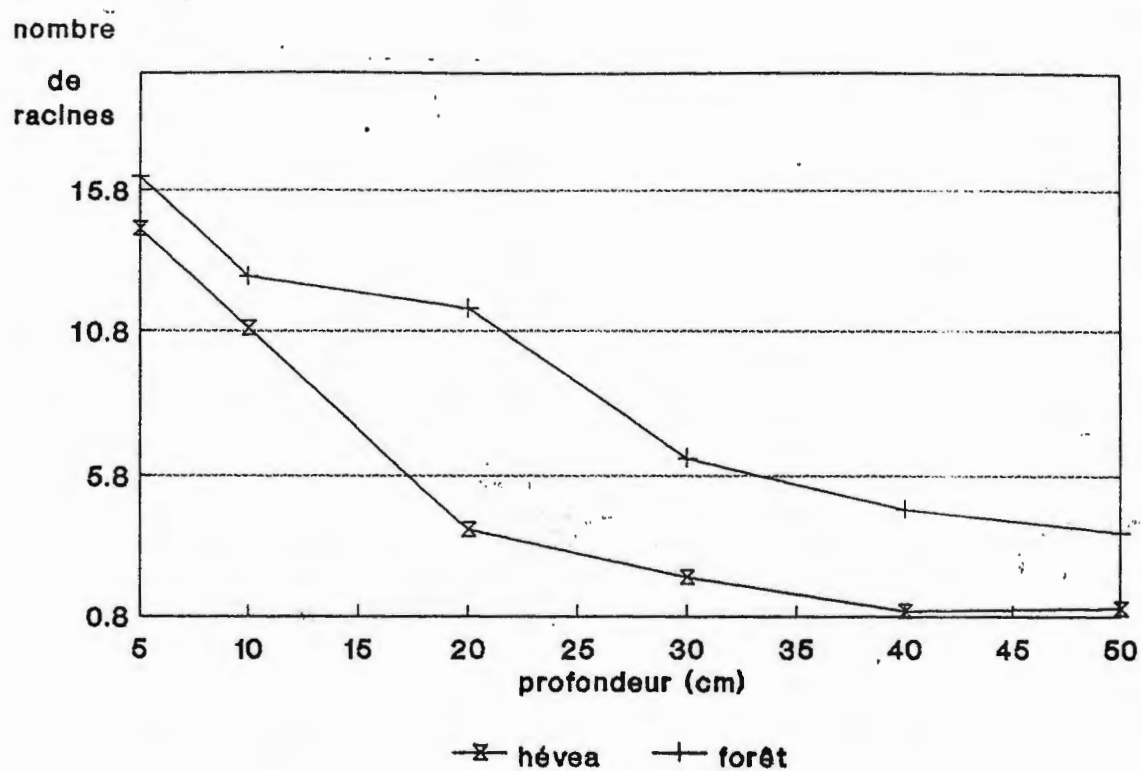


Figure 21 Evolution du nombre de racines de petit diamètre par maille en fonction de la profondeur (site de tombokro)

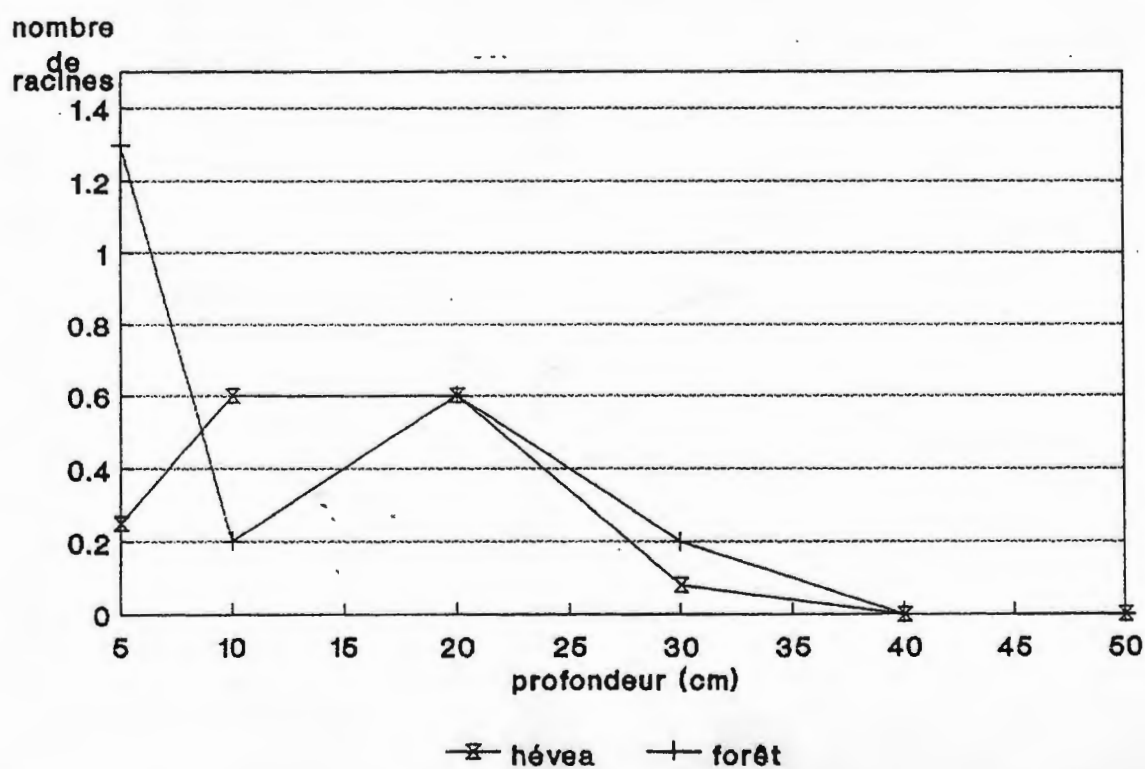


Figure 22 Evolution du nombre de racines de diamètre moyen par maille en fonction de la profondeur (site de Tombokro)

BIBLIOGRAPHIE

Balesdent J *et al.* (1990). Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ^{13}C abundance in maize field. *J. Soil Sc.* **41**, 587-596.

Balesdent J *et al.* (1987). Natural ^{13}C abundance as a tracer for soil organic matter dynamics studies. *Soil Biol. Biochem.* **19** (1), 25-30.

Balesdent J *et al.* (1988). Soil organic matter turnover in long term field experiments as revealed by the ^{13}C natural abundance tracer technics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **52** 118-124.

Bouché M B (1977). Stratégies lombriciennes: Soil Organism as Components of Ecosystems. *Ecology Bulletin (Stockholm)* **25** 122-132.

Cerri C *et al.* (1985). Application du traçage isotopique naturel au ^{13}C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *C.R. Acad. Sci. Paris* **300** (11-3), 423-428.

Lavelle P and Kohlmann B (1984). Etude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale humide du Mexique (Bonampak, Chiapas). *Pedobiologia* **27** 377-393.

Lavelle P and Pashanasi B (1989). Soil macrofauna an land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* **33** 283-291.

Martin A *et al.* (1990). Estimates of the organic matter turnover rate in a savanna soil by the ^{13}C natural abundance. *Soil. Biol. Biochem.* **22** (4) 517-523.

Henin S., Gras R. et Monnier G. (1969). Le profil cultural. *Masson Eds.* 320 p (2e édition).

Waneukem V. (1991). Test de diagnostic de la fertilité azotée d'un sol tropical. Essai de validation *in situ* d'un indicateur chimique du sol. *Diplôme d'Etude Approfondie de l'INP Toulouse* présenté par Véronique Waneukem le 27 septembre 1991, 39 p.

Egoumenides (1990). Fractions de l'azote organique dans les sols tropicaux et fertilité azotée. *Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales, Montpellier 12-15 septembre 1989*, Editeur IRAT Montpellier, 1990.

Chopart JL (1989). Méthodes d'étude de l'enracinement à mettre en oeuvre dans le projet de recherche R3S PF2. Note technique IDESSA4/89/syst.

Bohm W. (1979). Methods of studying roots systems. *Springer Verlag, New York* 1988.

Tardieu F. et Manichon H (1986). Caractérisation en tant que capteur d'eau de l'enracinement de maïs en parcelle cultivée. Une méthode d'étude de la répartition verticale et horizontale de racines. *Agronomie*, **6**, 415-425.

ANNEXE

Horizon	Couleur	Texture	Structure	Porosité	Cohésion	Observations racinaires
(0-15 cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 3/4)	sableuse à sablo-argileuse	massive à débit polyédriques	bonne	meuble	concentrat. du chevelu racinaire en surface ; diminution de la densité racinaire avec la profondeur.
(15-45cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4)	sablo-argileuse	massive	bonne:nids de termites	meuble	nette diminution de la colonisation racinaire. Quelques racines dans la partie supérieure de l'horizon
(45-70cm)	brun jaunâtre (10 YR 5/6)	sablo-argileuse à argilo-sabl.	"	"	"	rares
(70-105cm)	brun jaunâtre (10 YR 6/6)	argilo sableuse	"	"	"	rares
(105-140cm)	brun vif (7,5 YR 5/6)	argilo-Sabl. à argileuse	"	"	"	rares

Tableau 1 Anguédédou, Hévéas en zone de forêt (5 ans)

Horizon	Couleur	Texture	Structure	Porosité	Cohésion	Observations racinaires
(0-20 cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 3/4)	sableuse à sablo-argileuse	massive	bonne	meuble	tapis racinaire enchevêtré dans l'horizon 0 - 3 cm
(20-44cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4)	sablo-argileuse	"	"	"	diminution du degré de colonisation racinaire - Distribution irrégulière
(44-70 cm)	brun jaunâtre (10 YR 56)	sablo-argileuse à argilo-sabl.	"	"	"	quelques racines de taille millimétrique et centimétrique orientation subhorizontale
(70-100cm)	brun (7,5 YR 54)	argilo-Sabl.	"	"	"	quelques racines irrégulièrement reparties.
(100-150cm)	brun vif (7,5 YR 56)	argilo sableuse argileuse	"	"	"	quelques racines

Tableau 2 Anguédédou, Hévées en zone de forêt (10 ans)

Horizon	Couleur	Texture	Structure	Porosité	Cohésion	Observations racinaires
(0-20 cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 3/4)	sableuse à sablo-argileuse	massive	très bonne	meuble	distribution racinaire hétérogène avec tapis racinaire très dense et enchevêtré en surface
(20-47cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4)	sablo-argileuse	"	"	"	racines sub-horizontales à distribution irrégulière.
(47-70cm)	brun jaunâtre (10 YR 4/4)	sablo-argileuse à argilo-sabl.	"	bonne	"	quelques racines irrégulièrement reparties.
(70-102cm)	brun vif (7,5 YR 5/6)	argilo-Sabl.	"	"	"	"
(102-150cm)	brun vif (7,5 YR 5/8)	argilo-sabl. à argileuse	"	"	"	rares

Tableau 3 Anguédédou, Hévées en zone de forêt (20 ans)

Horizon	Couleur	Texture	Structure	Porosité	Cohésion	Observations racinaires
(0-20 cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 3/4)	sableuse à sablo-argileuse	massive	bonne	meuble	nombreuses racines subhorizontales
(20-48 cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4)	sablo-argileuse	"	"	"	racines millimétriques et centimétriques à bonne repartition subhorizontale.
(48-70cm)	brun jaunâtre (10 YR 5/4)	sablo-argileuse à argilo-sabl.	"	"	"	quelques racines assez bien réparties
(70-105cm)	brun (7,5 YR 5/4)	argilo-Sabl.	"	"	"	quelques racines irrégulièrement réparties
(100-150cm)	brun vif (7,5 YR 5/8)	argilo-Sabl. à argileuse	"	"	"	quelques racines à racines rares

Tableau 4 Anguédédou, Hévées en zone de forêt (30 ans)

Horizon	Couleur	Texture	Structure	Porosité	Cohésion	Observations racinaires
(0-15 cm)	brun jaunâtre foncé (10 YR 34)	sableuse à sablo-argileuse	grumeleuse très fine	très bonne	boulant	nombreuses racinaires. tapis racinaire enchevêtré, millimétriques, sub-horizontale
(15-45cm)	brun jaunâtre (10 YR 54)	sablo-argileuse	massive	bonne (nids de termite)	meuble	racines subhorizontales millimétriques et centimétriques
(45-70cm)	brun vif (7,5 YR 56)	sablo-argileuse à argilo-sabl.	"	"	très meuble	"
(70-105cm)	brun vif (7,5 YR 58)	argilo-Sabl.	massive à débit polyédrique	"	"	"
(105-140cm)	jaune rougeât. (7,5 YR 68)	argilo-Sabl. à argileuse	"	"	"	quelques racines
(85 -120cm)	jaune rougeât. (7,5 YR 68)	"	"	"	"	peu de racines à orientation subverticale

Tableau 5 Anguédédou, forêt

Horizon	Couleur	Texture	Structure	Porosité	Cohésion	Observations racinaires
(0- 9 cm)	brun (10 YR 53)	sablo-argi- leuse	grumeleuse boullant	très poreuses	très meuble	nombreuses racines millimétriques et centimétriques à orientation subho- rizontale.
(9-23cm)	brun jaun. (10 YR 54)	"	massive débit à polyédri- que subangu- leux	poreuse	compact à très compact	racines millimétri- ques et centimétri- ques subhorizontales
(23-34 cm)	brun vif (7,5 YR 54)	sablo-argi- leuse à argilo-sabl.	"	"	compact	densité racinaire relativement faible.
(34-56 cm)	brun vif (7,5 YR 56)	argilo-sabl. à argileuse	"	"	"	quelques racines subverticales
(56-100cm)	brun vif (7,5 YR 58)	"	"	relative- ment poreuse	"	"

Tableau 6 Tombokro, Hévées en zone de savane (18 ans)

Horizon	Couleur	Texture	Structure	Porosité	Cohésion	Observations racinaires
(0-45 cm)	brun (10 YR 53)	sablo-argileuse	grumeleuse boulant	très poreux	très meuble	nombreuses racines millimétriques et centimétriques à orientation subhorizontale
(15-18 cm)	brun (10 YR 53)	"	grumeleuse	poreux	meuble	"
(18-33 cm)	brun jaunâtre (10 YR 54)	sablo-argileuse à argilo-sabl.	massive à débit polyédriq. anguleux	"	compact	racines millimétriques et centimétriques horizontales
(33-48 cm)	brun vif (7,5 YR 54)	argilo-Sabl.	"	"	"	"
(45-70 cm)	brun vif (7,5 YR 56)	argilo-Sabl. à argileuse	"	"	"	racines subverticales à répartition irrégulière, millimétriques et centimétriques.

Tableau 7 Tombokro, forêt en zone de savane

Zone	Age	Horizon	Rep.	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
	an	cm		%	%	%	%	%
FORET	0	00-10	A	10.9	3.1	1.6	15.9	68.6
	0	00-10	B	14.2	1.2	1.5	17.4	65.5
	0	00-10	C	13.4	2.7	1.2	11.9	70.8
	0	00-10	D	14.2	2.5	0.9	17.2	65.2
	0	10-20	A	13.4	2.7	2.3	21.2	60.4
	0	10-20	B	16.9	2.5	1.1	20.3	59.2
	0	10-20	C	21.1	2.2	1.3	15.5	59.9
	0	10-20	D	20.5	2.8	1.6	18.7	56.4
	0	20-30	A	17.4	3.1	1.4	24.0	54.1
	0	20-30	B	19.8	3.0	1.3	18.5	57.5
	0	20-30	C	22.6	2.4	1.2	17.2	56.5
	0	20-30	D	23.7	2.4	1.7	14.0	58.1
FORET	5	00-10	A	15.4	2.8	1.3	21.3	59.2
	5	00-10	B	16.8	1.9	1.4	21.7	58.2
	5	00-10	C	16.6	1.9	2.0	20.0	59.5
	5	00-10	D	17.4	1.9	1.3	18.4	61.0
	5	10-20	A	18.8	3.4	2.3	17.8	57.7
	5	10-20	B	22.7	1.6	2.5	17.3	56.0
	5	10-20	C	19.8	2.2	2.6	14.1	61.4
	5	10-20	D	17.4	1.2	3.2	20.1	58.0
	5	20-30	A	21.4	1.6	1.7	23.1	52.3
	5	20-30	B	19.4	1.9	2.1	23.6	53.1
	5	20-30	C	20.7	2.2	1.9	21.3	54.0
	5	20-30	D	21.1	1.9	1.9	19.5	55.7
FORET	10	00-10	A	16.2	1.9	1.2	16.1	64.6
	10	00-10	B	15.0	2.4	1.8	12.1	68.6
	10	00-10	C	17.9	2.8	1.8	11.9	65.6
	10	00-10	D	14.0	2.7	1.1	15.5	66.7
	10	10-20	A	21.0	3.0	1.5	20.1	54.4
	10	10-20	B	15.9	1.2			66.7
	10	10-20	C	19.1	2.8	2.0	14.6	61.6
	10	10-20	D	16.3	2.5	1.0	20.7	59.4
	10	20-30	A	18.4	2.8	1.2	18.7	58.9
	10	20-30	B	18.9	2.2	1.4	17.9	59.6
	10	20-30	C	20.9	2.5	1.3	20.3	55.0
	10	20-30	D	15.9	2.5	1.0	17.2	63.4
FORET	20	00-10	A	14.0	2.2	0.7	16.6	66.5
	20	00-10	B	16.0	2.2	4.2	12.1	65.5
	20	00-10	C	14.2	2.2	1.2	13.5	69.0
	20	00-10	D	14.7	1.5	0.9	20.5	62.3
	20	10-20	A	14.9	0.6	1.9	20.0	62.7
	20	10-20	B	17.0	2.2	0.9	15.1	64.8
	20	10-20	C	17.6	2.4	1.1	19.3	59.6
	20	10-20	D	14.7	2.5	0.9	20.6	61.3
	20	20-30	A	18.2	2.5	1.6	16.8	60.9
	20	20-30	B	20.1	2.4	1.1	12.9	63.5
	20	20-30	C	18.3	2.7	1.0	17.1	61.0
	20	20-30	D	16.2	3.1	1.1	22.2	57.4

Zone	Age	Horizon	Rep.	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
	an	cm		%	%	%	%	%
FORET	30	00-10	A	13.6	2.5	1.0	18.2	64.7
	30	00-10	B	11.9	2.1	0.8	14.7	70.5
	30	00-10	C	12.6	1.9	0.9	16.4	68.1
	30	00-10	D	12.7	3.0	0.7	16.2	67.3
	30	10-20	A	19.1	2.4	1.4	13.8	63.3
	30	10-20	B	18.9	3.0	1.2	19.4	57.5
	30	10-20	C	17.3	2.5	1.0	18.6	60.6
	30	10-20	D	19.0	0.6	1.6	19.9	58.9
	30	20-30	A	20.5	3.0	0.6	19.7	56.2
	30	20-30	B	17.4	2.8	1.3	18.5	60.0
	30	20-30	C	19.1	3.0	1.1	20.4	56.3
	30	20-30	D	18.7	2.4	1.3	14.5	63.1
SAVANE	0	00-10	A	9.8	8.7	11.2	33.0	37.3
	0	00-10	B	11.8	11.0	13.0	29.3	34.9
	0	00-10	C	10.2	10.3	9.4	32.7	37.4
	0	00-10	D	9.0	11.7	10.6	37.7	31.0
	0	10-20	A	12.7	7.8	8.0	25.6	45.9
	0	10-20	B	10.7	9.0	8.3	24.1	47.8
	0	10-20	C	10.7	8.0	7.6	25.4	48.3
	0	10-20	D	7.9	9.0	8.9	31.7	42.4
	0	20-30	A	14.8	7.5	11.0	18.4	48.4
	0	20-30	B	16.2	8.6	9.8	26.4	39.0
	0	20-30	C	12.8	10.8	6.9	22.5	47.0
	0	20-30	D	10.2	6.4	10.1	28.5	44.7
SAVANE	18	00-10	A	10.8	6.2	8.0	27.2	47.9
	18	00-10	B	11.9	7.5	6.6	32.3	41.6
	18	00-10	C	12.4	8.7	6.6	34.7	37.5
	18	00-10	D	12.2	7.3	6.2	32.4	41.8
	18	10-20	A	13.1	8.1	6.4	29.8	42.6
	18	10-20	B	14.5	6.7	6.4	25.6	46.8
	18	10-20	C	14.3	7.4	8.5	25.0	44.7
	18	10-20	D	16.5	8.0	6.8	28.4	40.4
	18	20-30	A	19.6	6.1	11.6	25.3	37.4
	18	20-30	B	18.2	6.6	6.6	29.8	38.7
	18	20-30	C	16.4	6.9	6.6	29.5	40.6
	18	20-30	D	17.3	6.4	5.8	29.6	40.8

Tableau 8 Granulométrie

Zone	Age	Horizon	Rep.	MO	N	C/N	N hd	N ht	N total	N res	N hnd
	an	cm		%			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
FORET	0	00-10	A	4.11	1.91	12.5	291	1159	1596	437	868
	0	00-10	B	3.66	1.82	11.7	277	1114	1470	356	837
	0	00-10	C	2.89	1.54	10.9	255	941	1190	249	686
	0	00-10	D	2.92	1.51	11.3	269	1025	1260	235	756
	0	10-20	A	1.94	1.11	10.2	171	638	784	146	468
	0	10-20	B	1.70	0.96	10.3	176	599	770	171	423
	0	10-20	C	1.55	0.85	10.6	154	543	686	143	389
	0	10-20	D	1.70	0.98	10.1	196	622	784	162	426
	0	20-30	A	1.48	0.91	9.5	148	498	588	90	350
	0	20-30	B	1.24	0.85	8.5	146	504	630	126	358
	0	20-30	C	1.19	0.74	9.3	148	470	658	188	322
	0	20-30	D	1.22	0.76	9.3	171	532	658	126	361
FORET	5	00-10	A	2.22	1.27	10.2	238	834	966	132	596
	5	00-10	B	2.39	1.40	9.9	188	907	1148	241	720
	5	00-10	C	2.36	1.40	9.8	258	862	1092	230	605
	5	00-10	D	2.61	1.36	11.2	311	986	1246	260	675
	5	10-20	A	1.79	1.13	9.2	210	644	798	154	434
	5	10-20	B	1.93	1.12	10.0	216	678	812	134	462
	5	10-20	C	1.94	1.03	11.0	207	661	826	165	454
	5	10-20	D	1.94	1.04	10.9	224	739	952	213	515
	5	20-30	A	1.34	0.91	8.6	168	532	714	182	364
	5	20-30	B	1.60	0.79	11.8	174	554	700	146	381
	5	20-30	C	1.67	0.88	11.0	176	543	742	199	367
	5	20-30	D	1.65	0.90	10.7	168	532	742	210	364
FORET	10	00-10	A	2.12	1.10	11.2	216	728	966	238	512
	10	00-10	B	1.86	1.11	9.7	193	672	868	196	479
	10	00-10	C	1.82	0.94	11.3	193	672	882	210	479
	10	00-10	D	1.89	1.19	9.2	216	739	924	185	524
	10	10-20	A	1.50	0.90	9.7	168	504	546	42	336
	10	10-20	B	1.38	0.86	9.3	162	510	602	92	347
	10	10-20	C	1.31	0.76	10.0	154	465	630	165	311
	10	10-20	D	1.34	0.91	8.6	182	566	742	176	384
	10	20-30	A	1.20	0.65	10.8	140	426	518	92	286
	10	20-30	B	1.15	0.67	10.0	146	426	560	134	280
	10	20-30	C	1.19	0.60	11.5	143	403	532	129	260
	10	20-30	D	1.31	0.79	9.6	160	465	588	123	305
FORET	20	00-10	A	2.48	1.49	9.7	252	846	1008	162	594
	20	00-10	B	2.70	1.59	9.9	288	1002	1148	146	714
	20	00-10	C	3.11	1.52	11.9	300	969	1162	193	669
	20	00-10	D	2.36	1.31	10.5	280	958	1176	218	678
	20	10-20	A	1.43	0.89	9.3	182	526	686	160	344
	20	10-20	B	1.77	1.02	10.1	210	666	854	188	456
	20	10-20	C	1.63	0.91	10.4	204	655	798	143	451
	20	10-20	D	1.63	0.99	9.6	190	571	742	171	381
	20	20-30	A	1.36	0.84	9.4	143	426	546	120	283
	20	20-30	B	1.58	0.87	10.6	174	510	658	148	336
	20	20-30	C	1.44	0.86	9.8	179	521	644	123	342
	20	20-30	D	1.62	0.85	11.1	168	498	630	132	330

Zone	Age	Horizon	Rep.	MO	N	C/N	N hd	N ht	N total	N res	N hnd
	an	cm		%			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
FORET	30	00-10	A	2.86	1.57	10.6	272	902	1190	288	630
	30	00-10	B	2.29	1.35	9.9	249	840	1078	238	591
	30	00-10	C	2.44	1.19	11.9	274	907	1134	227	633
	30	00-10	D	2.49	1.33	10.9	280	907	1134	227	627
	30	10-20	A	1.50	0.83	10.5	165	482	588	106	316
	30	10-20	B	1.41	0.86	9.5	168	487	588	101	319
	30	10-20	C	1.41	0.78	10.5	157	454	574	120	297
	30	10-20	D	1.41	0.86	9.5	171	515	644	129	344
	30	20-30	A	1.50	0.74	11.8	134	386	546	160	252
	30	20-30	B	1.15	0.62	10.8	140	386	518	132	246
	30	20-30	C	1.08	0.61	10.3	136	370	426	56	234
	30	20-30	D	1.22	0.63	11.3	137	381	504	123	244
SAVANE	0	00-10	A	3.03	1.71	10.3	339	1064	1260	196	725
	0	00-10	B	3.11	2.05	8.8	392	1378	1526	148	986
	0	00-10	C	3.41	2.10	9.4	350	1187	1400	213	837
	0	00-10	D	3.32	2.11	9.2	386	1355	1638	283	969
	0	10-20	A	1.57	0.96	9.5	204	594	686	92	389
	0	10-20	B	1.43	0.84	9.9	193	571	616	45	378
	0	10-20	C	1.50	0.78	11.2	190	543	630	87	353
	0	10-20	D	1.43	0.77	10.8	162	510	588	78	347
	0	20-30	A	1.29	0.75	10.0	199	521	588	67	322
	0	20-30	B	1.03	0.59	10.2	165	403	490	87	238
	0	20-30	C	1.00	0.60	9.7	171	437	518	81	266
	0	20-30	D	0.93	0.49	11.0	140	353	392	39	213
SAVANE	18	00-10	A	1.69	1.13	8.7	252	773	896	123	521
	18	00-10	B	1.79	1.30	8.0	266	857	1036	179	591
	18	00-10	C	1.86	1.25	8.6	252	846	994	148	594
	18	00-10	D	1.82	1.30	8.2	263	840	1022	182	577
	18	10-20	A	1.01	0.69	8.6	148	420	462	42	272
	18	10-20	B	1.14	0.88	7.5	182	482	588	106	300
	18	10-20	C	1.46	0.82	10.4	171	470	546	76	300
	18	10-20	D	1.34	0.98	8.0	193	532	602	70	339
	18	20-30	A	0.98	0.50	11.4	134	347	406	59	213
	18	20-30	B	0.69	0.49	8.2	129	358	406	48	230
	18	20-30	C	0.76	0.46	9.6	123	330	364	34	207
	18	20-30	D	0.84	0.57	8.6	137	364	406	42	227

Tableau 9 Matière organique - azote

Zone	Age	Horizon	Rep.	P	PO	PHE	PHK
	an	cm					
FORET	0	00-10	A	242	19	3.80	3.10
	0	00-10	B	257	23	3.90	3.25
	0	00-10	C	265	19.6	4.15	3.50
	0	00-10	D	252	18.4	4.05	3.40
	0	10-20	A	240	14.8	4.15	3.55
	0	10-20	B	239	14.2	4.20	3.65
	0	10-20	C	249	12.6	4.15	3.65
	0	10-20	D	300	18.55	4.20	3.75
	0	20-30	A	222	13	4.25	3.80
	0	20-30	B	232	13.1	4.25	3.80
	0	20-30	C	235	11.1	4.20	3.80
	0	20-30	D	276	14.8	4.30	3.95
FORET	5	00-10	A	467	31.55	4.40	3.75
	5	00-10	B	421	33.4	4.25	3.70
	5	00-10	C	493	40	4.50	3.80
	5	00-10	D	488	34.34	4.30	3.70
	5	10-20	A	456	36	4.40	3.85
	5	10-20	B	468	25	4.25	3.80
	5	10-20	C	485	34.6	4.40	3.85
	5	10-20	D	476	29	4.35	3.80
	5	20-30	A	475	28	4.45	3.90
	5	20-30	B	450	26	4.36	3.90
	5	20-30	C	532	40.4	4.45	3.90
	5	20-30	D	485	28	4.40	3.90
FORET	10	00-10	A	325	18	4.25	3.60
	10	00-10	B	321	22	4.40	3.70
	10	00-10	C	359	21	4.35	3.70
	10	00-10	D	330	23.4	4.50	3.80
	10	10-20	A	355	18	4.25	3.75
	10	10-20	B	344	20	4.25	3.80
	10	10-20	C	327	16.3	4.30	3.80
	10	10-20	D	323	19	4.50	3.80
	10	20-30	A	328	18.5	4.30	3.90
	10	20-30	B	348	18.15	4.25	3.90
	10	20-30	C	344	14	4.25	3.85
	10	20-30	D	337	16	4.40	3.85
FORET	20	00-10	A	474	37	4.20	3.65
	20	00-10	B	404	39.4	4.45	3.85
	20	00-10	C	432	22.7	4.20	3.70
	20	00-10	D	352	36.4	4.30	3.65
	20	10-20	A	476	40.5	4.30	3.90
	20	10-20	B	376	46	4.40	3.95
	20	10-20	C	393	24.4	4.35	3.90
	20	10-20	D	404	57.7	4.40	3.85
	20	20-30	A	523	63.4	4.35	3.95
	20	20-30	B	407	57	4.46	3.95
	20	20-30	C	412	28	4.40	3.95
	20	20-30	D	405	64.6	4.40	3.90

Zone	Age	Horizon	Rep.	P	PO	PHE	PHK
	an	cm					
FORET	30	00-10	A	389	28	4.05	3.40
	30	00-10	B	385	25	4.25	3.65
	30	00-10	C	385	28	4.10	3.45
	30	00-10	D	385	26	4.35	3.70
	30	10-20	A	430	27.7	4.35	3.75
	30	10-20	B	428	26.4	4.40	3.90
	30	10-20	C	458	37.6	4.35	3.85
	30	10-20	D	434	33.2	4.45	3.95
	30	20-30	A	457	34.6	4.20	3.80
	30	20-30	B	417	37	4.40	4.00
	30	20-30	C	464	51	4.40	4.00
	30	20-30	D	450	47	4.40	3.95
SAVANE	0	00-10	A	281	13	6.20	5.55
	0	00-10	B	235	11.85	6.95	6.45
	0	00-10	C	251	13.24	6.80	6.30
	0	00-10	D	193	9.4	7.15	6.75
	0	10-20	A	202	8.8	5.65	4.80
	0	10-20	B	161	7.95	6.15	5.45
	0	10-20	C	176	6.7	6.20	5.50
	0	10-20	D	121.5	6.3	6.75	6.20
	0	20-30	A	222	8.2	5.65	4.70
	0	20-30	B	159	5.8	5.75	4.90
	0	20-30	C	166	6.9	5.80	4.95
	0	20-30	D	136	8.3	6.30	5.55
SAVANE	18	00-10	A	172	15.8	6.30	5.70
	18	00-10	B	156	6.55	6.30	5.70
	18	00-10	C	176	9	6.15	5.55
	18	00-10	D	154	7	6.15	5.50
	18	10-20	A	161	9	5.45	4.65
	18	10-20	B	137	7	6.50	6.10
	18	10-20	C	177	9.4	5.75	4.95
	18	10-20	D	152	6.3	6.05	5.25
	18	20-30	A	132.1	5.4	5.25	4.35
	18	20-30	B	109	4	6.00	5.15
	18	20-30	C	103	3	5.60	4.70
	18	20-30	D	115	4.67	6.30	5.50

Tableau 10 Phosphore et pH

Zone	Age	Horizon	Rep.	CA	MG	K	NA	MN	AL	H	PHC	S	CEC	V
	an	cm												
FORET	0	00-10	A	0.47	0.21	0.07	0.07	0.01	0.91	0.62	3.51	2.35	2.49	0.94
	0	00-10	B	0.34	0.30	0.09	0.06	0.00	0.96	0.47	3.63	2.22	2.26	0.98
	0	00-10	C	0.38	0.26	0.08	0.05	0.01	0.93	0.32	3.79	2.04	2.01	1.01
	0	00-10	D	0.41	0.19	0.08	0.06	0.01	0.92	0.36	3.74	2.03	1.96	1.04
	0	10-20	A	0.14	0.06	0.06	0.07	0.00	0.95	0.26	3.88	1.55	1.50	1.03
	0	10-20	B	0.08	0.08	0.07	0.07	0.00	0.90	0.22	3.96	1.41	1.42	0.99
	0	10-20	C	0.09	0.09	0.05	0.05	0.00	0.99	0.22	3.95	1.49	1.56	0.96
	0	10-20	D	0.15	0.09	0.08	0.11	0.00	0.92	0.18	4.05	1.53	1.57	0.98
	0	20-30	A	0.12	0.05	0.04	0.06	0.00	0.93	0.17	4.07	1.37	1.37	1.00
	0	20-30	B	0.08	0.07	0.04	0.05	0.00	0.97	0.18	4.04	1.40	1.40	1.00
	0	20-30	C	0.08	0.06	0.04	0.05	0.00	0.95	0.17	4.06	1.35	1.44	0.94
	0	20-30	D	0.08	0.05	0.06	0.05	0.00	0.96	0.14	4.14	1.36	1.52	0.89
FORET	5	00-10	A	0.53	0.21	0.10	0.11	0.03	0.69	0.22	3.95	1.91	1.84	1.04
	5	00-10	B	0.19	0.06	0.07	0.06	0.01	1.05	0.26	3.89	1.70	1.70	1.00
	5	00-10	C	0.27	0.12	0.09	0.09	0.02	1.00	0.22	3.96	1.81	1.85	0.98
	5	00-10	D	0.23	0.07	0.07	0.05	0.02	1.05	0.26	3.88	1.76	2.02	0.87
	5	10-20	A	0.25	0.10	0.06	0.06	0.01	0.79	0.19	4.03	1.47	1.63	0.90
	5	10-20	B	0.08	0.03	0.07	0.05	0.00	1.22	0.22	3.95	1.68	1.70	0.99
	5	10-20	C	0.09	0.04	0.05	0.05	0.00	1.03	0.19	4.02	1.45	1.54	0.09
	5	10-20	D	0.15	0.02	0.06	0.07	0.01	0.96	0.19	4.01	1.46	1.59	0.92
	5	20-30	A	0.21	0.07	0.04	0.05	0.00	0.81	0.17	4.08	1.36	1.62	0.84
	5	20-30	B	0.05	0.00	0.04	0.07	0.00	0.97	0.17	4.07	1.30	1.43	0.91
	5	20-30	C	0.06	0.02	0.06	0.08	0.00	1.06	0.18	4.05	1.46	1.66	0.88
	5	20-30	D	0.04	0.00	0.05	0.07	0.00	1.03	0.18	4.04	1.38	1.59	0.87
FORET	10	00-10	A	0.17	0.05	0.08	0.10	0.00	0.84	0.26	3.89	1.50	1.70	0.88
	10	00-10	B	0.18	0.05	0.08	0.10	0.00	0.68	0.21	3.98	1.31	1.64	0.80
	10	00-10	C	0.12	0.04	0.06	0.06	0.00	0.87	0.22	3.96	1.37	1.60	0.85
	10	00-10	D	0.22	0.06	0.06	0.05	0.01	0.59	0.19	4.01	1.19	1.53	0.78
	10	10-20	A	0.06	0.00	0.04	0.07	0.00	0.83	0.19	4.01	1.19	1.35	0.88
	10	10-20	B	0.05	0.00	0.05	0.05	0.00	0.09	0.19	4.02	1.25	1.58	0.79
	10	10-20	C	0.07	0.00	0.05	0.07	0.00	1.02	0.19	4.01	1.41	1.72	0.82
	10	10-20	D	0.10	0.01	0.07	0.09	0.00	0.68	0.18	4.05	1.13	1.44	0.78
	10	20-30	A	0.13	0.02	0.03	0.04	0.00	1.05	0.17	4.06	1.45	1.41	1.03
	10	20-30	B	0.09	0.01	0.04	0.06	0.00	0.97	0.17	4.07	1.34	1.36	0.99
	10	20-30	C	0.10	0.02	0.04	0.07	0.00	1.13	0.18	4.04	1.54	1.60	0.97
	10	20-30	D	0.20	0.03	0.06	0.09	0.00	0.83	0.17	4.08	1.37	1.27	1.08
FORET	20	00-10	A	0.15	0.07	0.07	0.03	0.01	0.95	0.25	3.90	1.54	1.61	0.95
	20	00-10	B	0.22	0.08	0.08	0.05	0.01	1.06	0.18	4.04	1.68	1.78	0.95
	20	00-10	C	0.16	0.07	0.07	0.05	0.00	0.93	0.22	3.96	1.51	1.53	0.98
	20	00-10	D	0.32	0.10	0.09	0.05	0.01	0.95	0.25	3.91	1.77	1.82	0.97
	20	10-20	A	0.08	0.03	0.07	0.04	0.00	1.04	0.17	4.08	1.43	1.49	0.96
	20	10-20	B	0.10	0.03	0.05	0.04	0.00	1.02	0.15	4.12	1.40	1.56	0.89
	20	10-20	C	0.08	0.03	0.07	0.08	0.00	0.93	0.15	4.11	1.34	1.51	0.89
	20	10-20	D	0.16	0.05	0.09	0.10	0.00	1.03	0.17	4.06	1.61	1.72	0.94
	20	20-30	A	0.07	0.02	0.04	0.05	0.00	0.94	0.15	4.12	1.27	1.36	0.93
	20	20-30	B	0.12	0.02	0.04	0.05	0.00	1.23	0.15	4.11	1.62	1.79	0.90
	20	20-30	C	0.08	0.02	0.05	0.05	0.00	1.00	0.15	4.12	1.35	1.54	0.88
	20	20-30	D	0.14	0.03	0.05	0.06	0.00	1.07	0.15	4.11	1.51	1.59	0.95

Zone	Age	Horizon	Rep.	CA	MG	K	NA	MN	AL	H	PHC	S	CEC	V
	an	cm												
FORET	30	00-10	A	0.22	0.08	0.09	0.06	0.00	0.97	0.36	3.74	1.79	1.93	0.93
	30	00-10	B	0.15	0.08	0.08	0.09	0.00	0.78	0.22	3.95	1.41	1.53	0.92
	30	00-10	C	0.19	0.08	0.07	0.06	0.00	0.82	0.33	3.78	1.56	1.72	0.91
	30	00-10	D	0.31	0.09	0.07	0.06	0.01	0.74	0.21	3.97	1.49	1.65	0.91
	30	10-20	A	0.11	0.03	0.05	0.06	0.00	1.06	0.20	4.00	1.51	1.53	0.98
	30	10-20	B	0.05	0.02	0.03	0.04	0.00	1.01	0.16	4.10	1.32	1.39	0.94
	30	10-20	C	0.08	0.03	0.04	0.04	0.00	0.91	0.17	4.07	1.28	1.36	0.94
	30	10-20	D	0.10	0.03	0.15	0.07	0.00	0.91	0.15	4.12	1.41	1.39	1.02
	30	20-30	A	0.08	0.01	0.04	0.06	0.00	1.09	0.18	4.04	1.47	1.59	0.92
	30	20-30	B	0.07	0.01	0.03	0.07	0.00	0.86	0.13	4.18	1.17	1.25	0.93
	30	20-30	C	0.06	0.01	0.02	0.04	0.00	0.88	0.14	4.16	1.15	1.20	0.96
	30	20-30	D	0.05	0.01	0.02	0.05	0.00	0.98	0.15	4.13	1.26	1.29	0.97
SAVANE	0	00-10	A	5.93	1.70	0.23	0.08	0.19	0.00	0.00	6.03	8.13	7.92	1.03
	0	00-10	B	7.66	1.58	0.23	0.09	0.05	0.00	0.00	6.73	9.60	9.39	1.02
	0	00-10	C	6.98	1.68	0.25	0.13	0.06	0.00	0.00	6.69	9.09	8.75	1.04
	0	00-10	D	7.61	1.84	0.24	0.10	0.01	0.00	0.00	6.91	9.80	9.49	1.03
	0	10-20	A	2.93	1.23	0.14	0.07	0.32	0.00	0.02	5.07	4.72	4.41	1.07
	0	10-20	B	4.47	1.08	0.08	0.07	0.13	0.00	0.00	5.71	5.83	5.55	1.05
	0	10-20	C	3.77	1.37	0.10	0.06	0.17	0.00	0.00	5.80	5.48	5.17	1.06
	0	10-20	D	4.54	1.14	0.09	0.07	0.04	0.00	0.00	6.36	5.89	5.77	1.02
	0	20-30	A	2.33	1.36	0.12	0.07	0.32	0.00	0.02	5.00	4.22	4.19	1.01
	0	20-30	B	3.10	1.26	0.07	0.06	0.24	0.00	0.01	5.20	4.75	4.65	1.02
	0	20-30	C	2.49	1.29	0.12	0.06	0.25	0.00	0.01	5.34	4.22	4.18	1.01
	0	20-30	D	3.10	1.04	0.07	0.07	0.06	0.00	0.00	5.90	4.35	4.39	0.99
SAVANE	18	00-10	A	3.14	0.71	0.08	0.06	0.29	0.00	0.00	5.97	4.29	4.00	1.07
	18	00-10	B	4.09	0.69	0.07	0.07	0.16	0.00	0.00	5.98	5.09	5.02	1.01
	18	00-10	C	3.50	0.69	0.09	0.07	0.31	0.00	0.00	5.85	4.67	4.49	1.04
	18	00-10	D	3.46	0.82	0.08	0.09	0.28	0.00	0.00	5.81	4.73	4.47	1.06
	18	10-20	A	2.04	0.36	0.04	0.06	0.37	0.00	0.02	4.92	2.90	2.63	1.10
	18	10-20	B	4.65	0.42	0.03	0.07	0.13	0.00	0.00	6.79	5.31	4.92	1.08
	18	10-20	C	2.81	0.41	0.04	0.06	0.29	0.00	0.01	5.24	3.62	3.41	1.06
	18	10-20	D	3.67	0.67	0.05	0.07	0.19	0.00	0.00	5.82	4.66	4.50	1.04
	18	20-30	A	2.03	0.35	0.03	0.06	0.34	0.00	0.03	4.77	2.84	2.68	1.06
	18	20-30	B	3.43	0.40	0.03	0.07	0.14	0.00	0.00	5.81	4.07	3.87	1.05
	18	20-30	C	2.55	0.39	0.03	0.07	0.22	0.00	0.02	5.08	3.28	3.10	1.06
	18	20-30	D	3.38	0.56	0.04	0.08	0.04	0.00	0.00	6.04	4.10	3.90	1.05

Tableau 11 Complexe adsorbant bases échangeables (med/100 g)

	Bimbresso					Toumbokro	
	Forêt	H 05	H10	H 20	H 30	Forêt	H 18
Densité (n°.m ⁻²)							
Enchytreidés	99	422	741	50	128	14	216
Vers litéricoles	42	51	32	24	3	21	11
Vers géophages	122	290	486	122	96	128	394
Mollusques	22	14	10	8	5	5	5
Isoptères	4620	19594	1502	1358	1629	653	2274
Hyménoptères	101	379	27	24	29	139	91
Orthoptères	0	0	0	0	5	2	3
Dermaptères	27	21	6	6	16	14	22
Hémiptères	0	2	0	0	0	2	3
Homoptères	0	0	0	0	0	5	2
Blattoptères	5	2	0	5	0	3	2
Coléoptères	34	13	10	18	37	8	16
Larves Coléopt.	54	29	19	66	128	61	58
Larves Diptères	6	10	10	3	29	2	6
Autres insectes	8	2	5	2	8	8	5
Opilions	11	3	2	0	21	3	0
Aranéidés	30	19	14	18	19	26	38
Chilopodes	82	21	19	70	24	115	133
Diplopodes	142	122	35	38	51	125	32
Isopodes	34	6	2	27	29	10	11
Total	5440	21000	2919	1840	2256	1350	3327
Biomasse (g.m ⁻²)							
Enchytreidés	0,05	0,50	1,07	0,05	0,15	0,02	0,50
Vers litéricoles	42,38	12,58	36,75	46,03	6,19	0,60	0,63
Vers géophages	6,86	13,60	18,78	13,44	3,02	6,14	13,57
Mollusques	3,38	0,57	0,30	0,40	0,13	2,25	1,01
Isoptères	8,55	34,88	2,13	3,07	1,23	0,64	1,32
Hyménoptères	0,48	2,44	0,33	0,14	0,13	0,66	0,18
Orthoptères	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,01	0,04
Dermaptères	0,05	0,03	0,01	0,01	0,09	0,02	0,07
Hémiptères	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,08	0,12
Homoptères	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01
Blattoptères	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00	0,10	0,14
Coléoptères	3,47	0,09	0,50	0,82	1,66	0,02	0,11
Larves Coléopt.	0,23	0,11	0,06	0,12	0,30	0,79	0,30
Larves Diptères	0,02	0,15	0,08	0,02	0,07	0,00	0,06
Autres insectes	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,05
Opilions	0,01	0,00	0,00	0,00	0,97	0,04	0,00
Aranéidés	1,07	0,38	0,30	0,17	0,17	1,90	0,34
Chilopodes	0,32	0,15	0,23	0,23	0,08	0,66	0,38
Diplopodes	3,92	1,44	6,81	7,69	1,53	18,56	0,80
Isopodes	0,98	0,37	0,01	0,76	0,26	0,01	0,02
Total	76,9	72,1	67,4	73,1	16,2	32,7	20,1

Tableau 12 Composition faunistique du sol dans des plantations d'hévéas à Anguédédou et Tombokro, comparée à celle de forêts d'origine

Culture Profondeur (cm)	H E V E A				Forêt (Bimbresso)
	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	
5	3,78	7,43	8,58	11,33	14,80
10	3,65	3,45	3,78	4,51	6,15
20	2,08	0,95	2,99	2,15	5,77
30	0,19	0,36	1,69	1,25	2,13
40	0,03	0,21	0,94	0,94	2,83
50	0,03	0,09	0,38	0,30	2,40

Tableau 13a Nombre de racines de petit diamètre (site d'Anguédédou)

Culture Profondeur (cm)	H E V E A				Forêt (Bimbresso)
	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	
5	0,04	0,04	0,04	0,05	0,01
10	0,17	0,20	0,15	0,14	0,00
20	0,26	0,09	0,29	0,41	0,03
30	0,02	0,05	0,29	0,48	0,00
40	0,01	0,01	0,21	0,35	0,05
50	0,00	0,01	0,11	0,08	0,05

Tableau 13b Nombre de racines de diamètre moyen (site d'Anguédédou)

Culture Profondeur (cm)	H E V E A				Forêt (Bimbresso)
	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
10	0,00	0,02	0,0	0,0	0,02
20	0,01	0,0	0,02	0,04	0,0
30	0,01	0,0	0,02	0,01	0,0
40	0,0	0,0	0,01	0,01	0,02
50	0,0	0,0	0,01	0,03	0,0

Tableau 13c Nombre de racines de grand diamètre (site d'Anguédédou)

Profondeur (cm)	Hévéa (18 ans)	Forêt
5	14,4	16,3
10	10,9	12,7
20	3,9	11,6
30	2,2	6,4
40	1,0	4,6
50	1,1	3,8

Tableau 13d Nombre de racines de petit diamètre (site de Tombokro)

Profondeur (cm)	Hévéa (18 ans)	Forêt
5	0,25	1,3
10	0,60	0,2
20	0,60	0,6
30	0,08	0,2
40	0,00	0,0
50	0,00	0,0

Tableau 13e Nombre de racines de diamètre moyen (site de Tombokro)

Profondeur (cm)	Hévéa (18 ans)	Forêt
5	0,02	0,0
10	0,4	0,1
20	0,13	0,18
30	0,05	0,0
40	0,02	0,0
50	0,0	0,0

Tableau 13f Nombre de racines de grand diamètre (site de Tombokro)